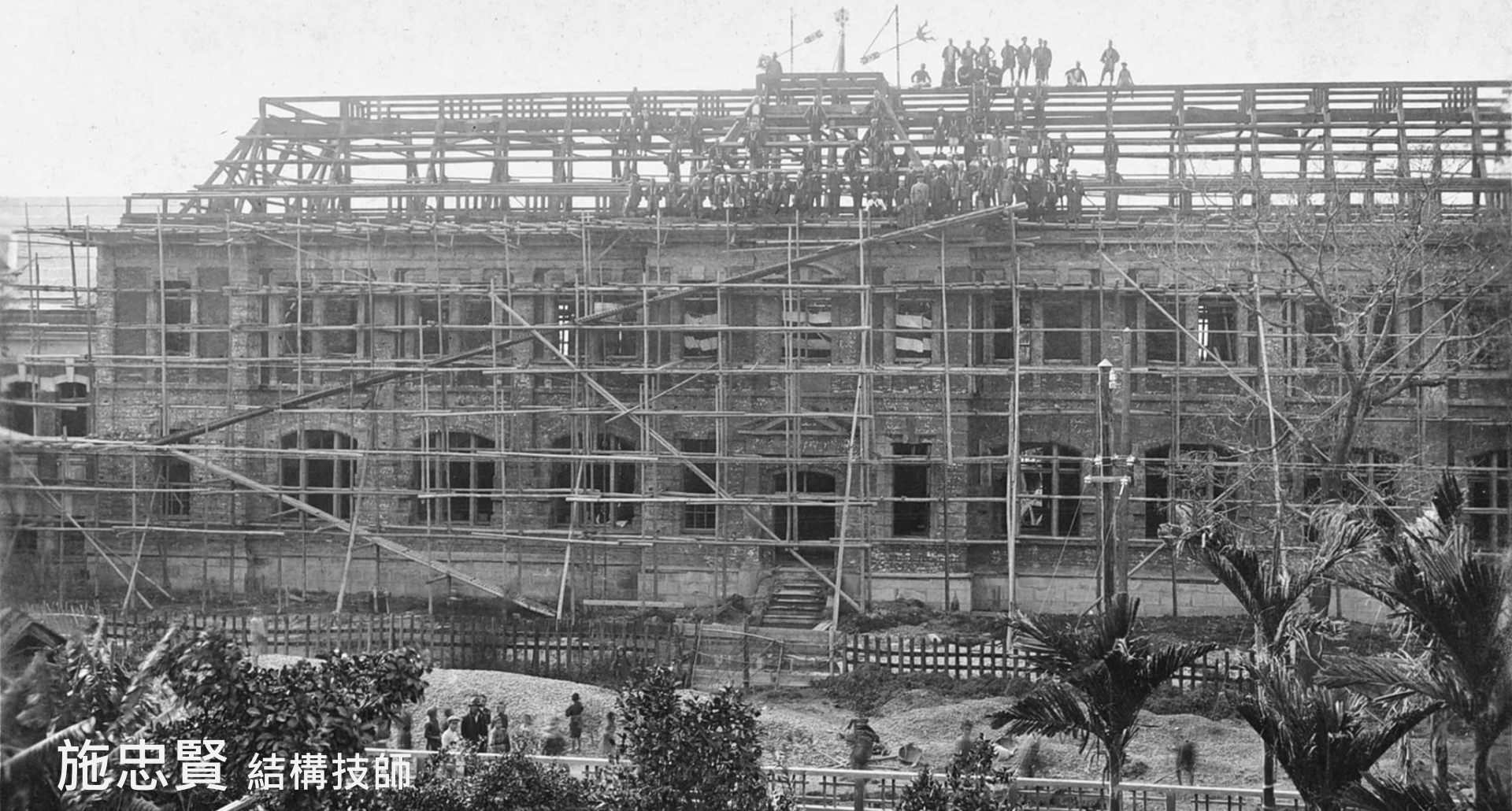


一些台灣古蹟結構系統的回顧



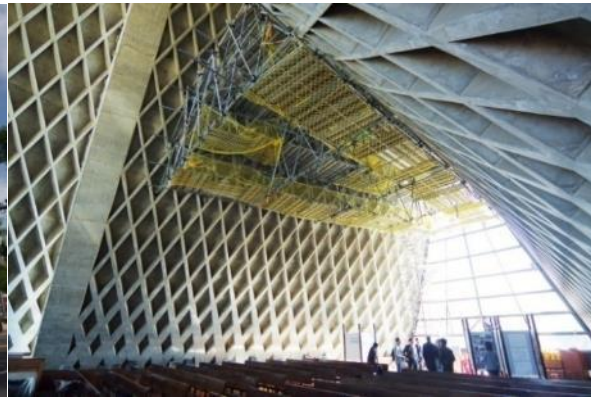
施忠賢 結構技師

JUSTIN C. H. SHIH STRUCTURAL ENGINEER & ASSOCIATES

2023/07/01

施忠賢

- 結構技師、國立成功大學建築學博士
- 台南市結構工程技師公會理事長
- 曾任中央大學土木系、成功大學建築系及台南應用科技大學室內設計系兼任助理教授
- 「古蹟修復工程工地負責人培訓班」計畫主持人(103年迄今)
- 金門縣、屏東縣、高雄市、嘉義市、苗栗縣古蹟、歷史建築、聚落與文化景觀審議委員







斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome



格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP



1600s

1700s

1800s

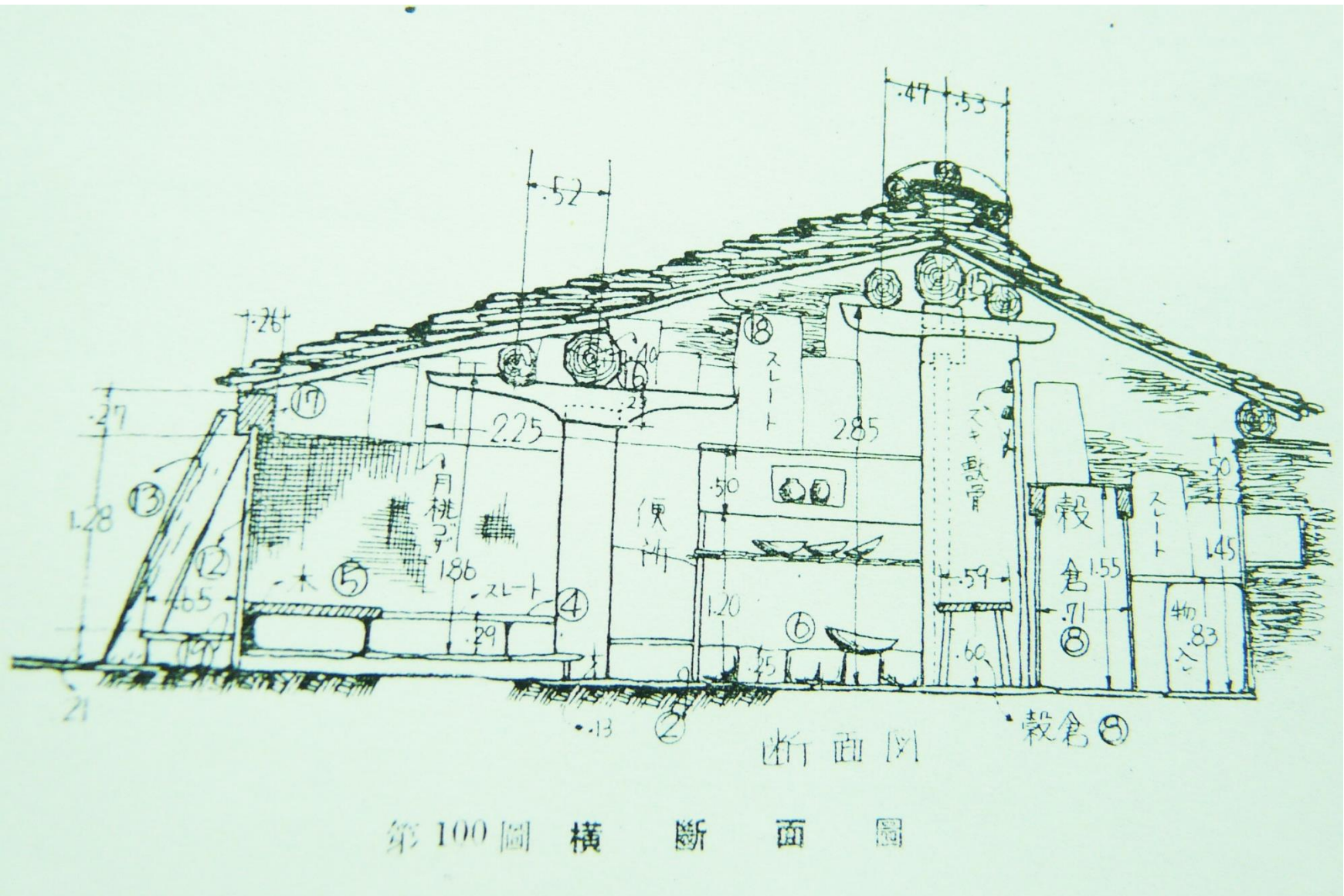
1900s

2000s

南島建築



千千岩助太郎(1897 - 1991)繪製



7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

簡支梁 / 承重牆



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

簡支梁 / 承重牆



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+ 薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

紅毛城

//新北市淡水區//西元1644年



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

荷西建築

1700s

1800s

1900s

2000s



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

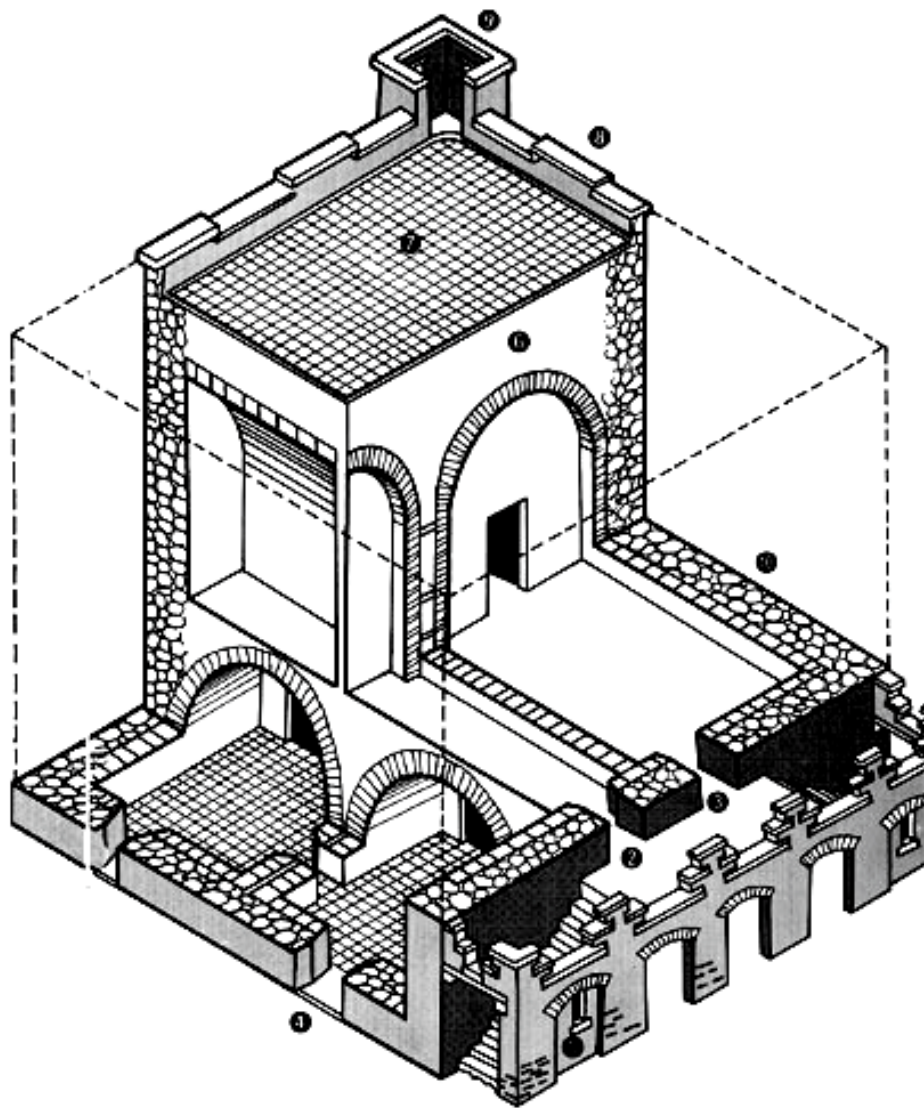
荷西建築

1700s

1800s

1900s

2000s



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s



1700s

荷西建築

1800s

1900s

2000s

英國領事官邸

//新北市淡水區//清光緒17年(西元1891年)



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

西式建築

英國領事官邸

//新北市淡水區//清光緒17年(西元1891年)



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

西式建築

Monastiraki Station opened in 1895.



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

淡水得忌利士洋行1871



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+ 薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

西式建築

組合拱

//淡水得忌利士洋行1871

斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

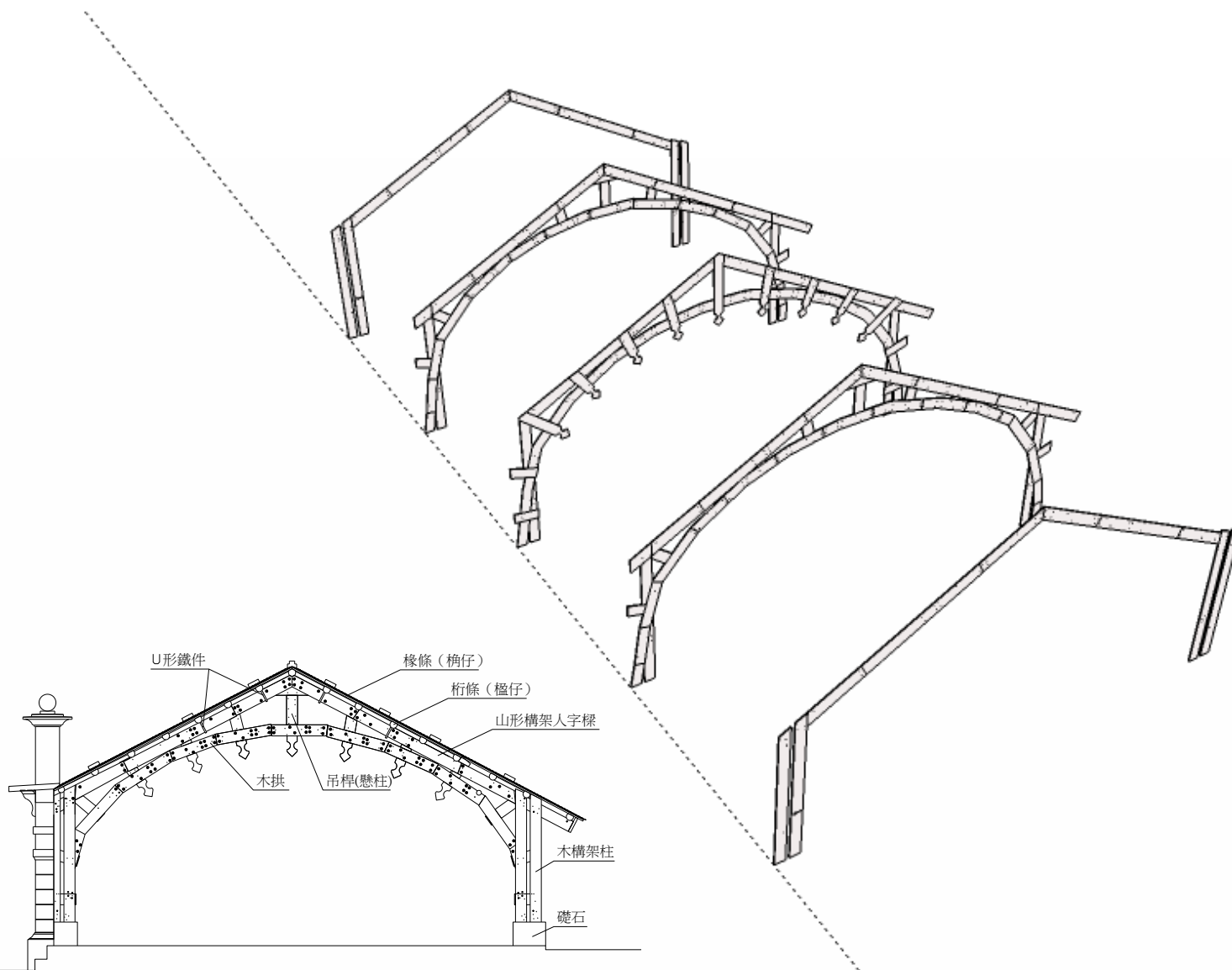
桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼



7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

西式建築

組合拱

//淡水得忌利士洋行1871



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+ 薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

西式建築

組合拱

//淡水得忌利士洋行1871



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

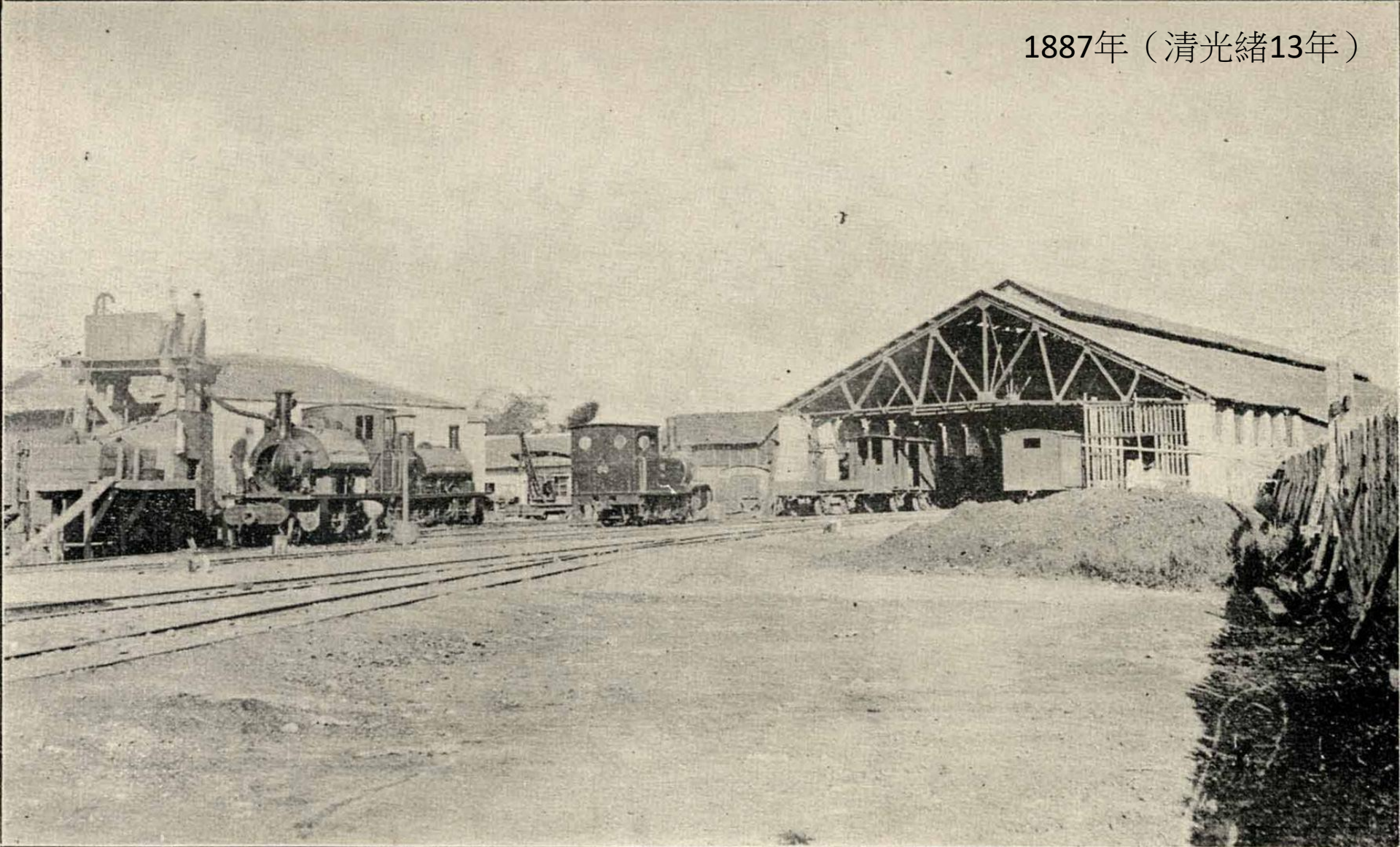
1800s

▼1900s

2000s

西式建築

1887年（清光緒13年）



清代興建的臺北火車碼頭（日治時期拍攝），**1887年（清光緒13年）**，劉銘傳奏請興建臺灣鐵路，清廷准許自籌工程款後即前往南洋招募基金，同年4月於臺北大稻埕開工。規格上採用英國人馬德利所設計軌距為**3呎6吋（1,067mm）**的鐵路。

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%BA%E7%81%A3%E9%90%B5%E9%81%93%E5%8F%B2#/media/File:Cca110001-hp-pb01331300701-i.jpg>

1887年（清光緒13年）



鐵道部台北工場//1909年





鐵道部台北工場(禮堂)鋼桁架極可能利用
清朝台灣巡撫劉銘傳時期的鋼桁架重組



斗拱

//祀典武廟//台南市中西區//明永曆19年 (西元1665年)



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+ 薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

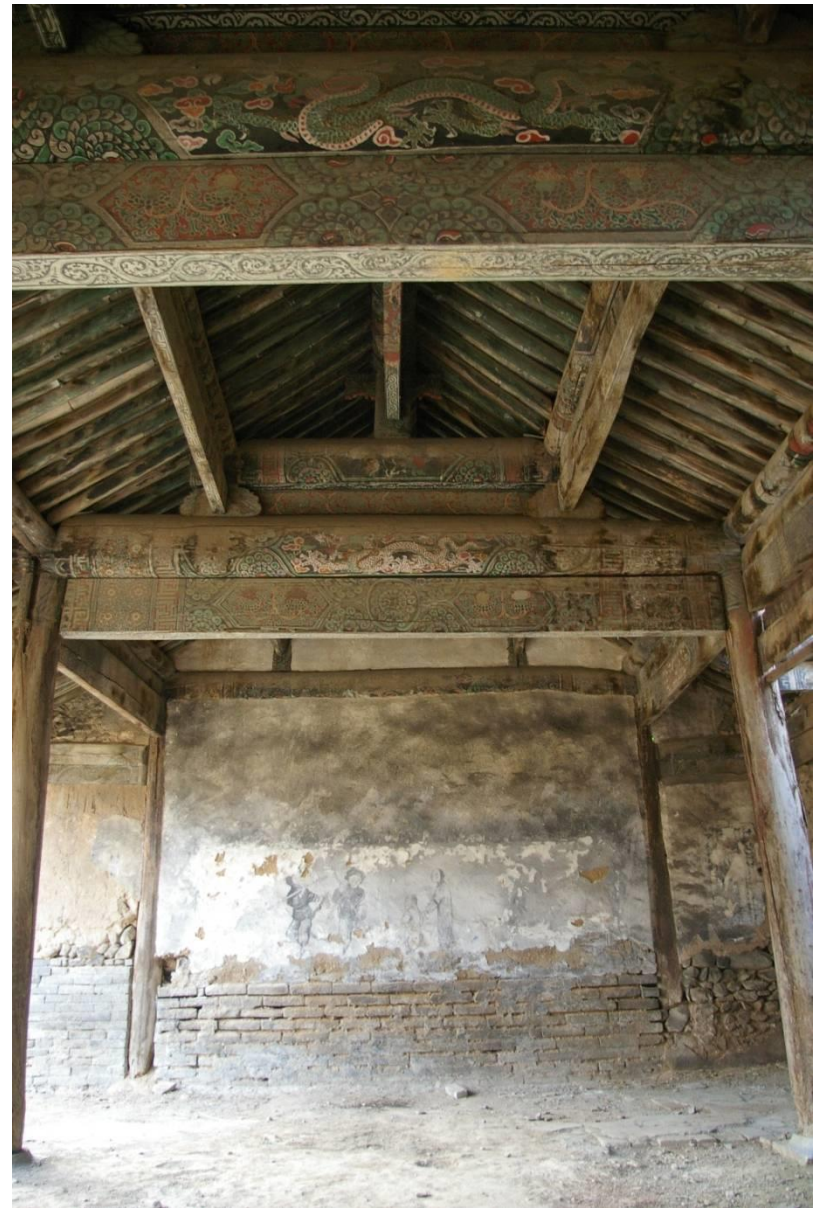
1900s

2000s

傳統建築



台南孔廟明倫堂

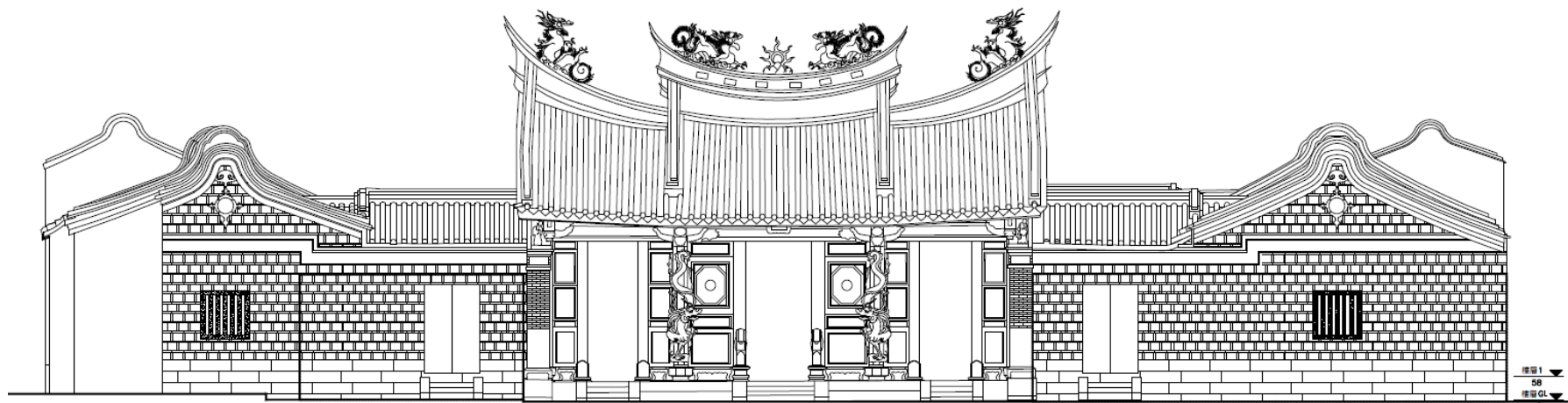


北京靈水舉人村龍王廟

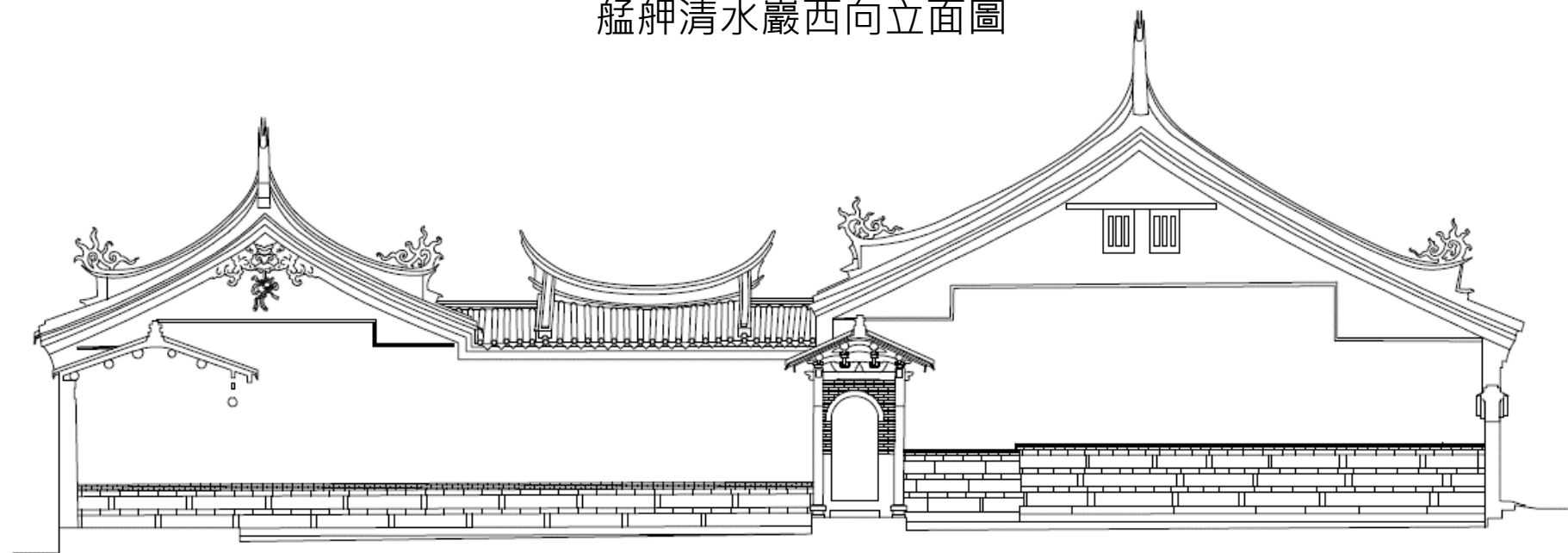




艋舺清水巖祖師廟

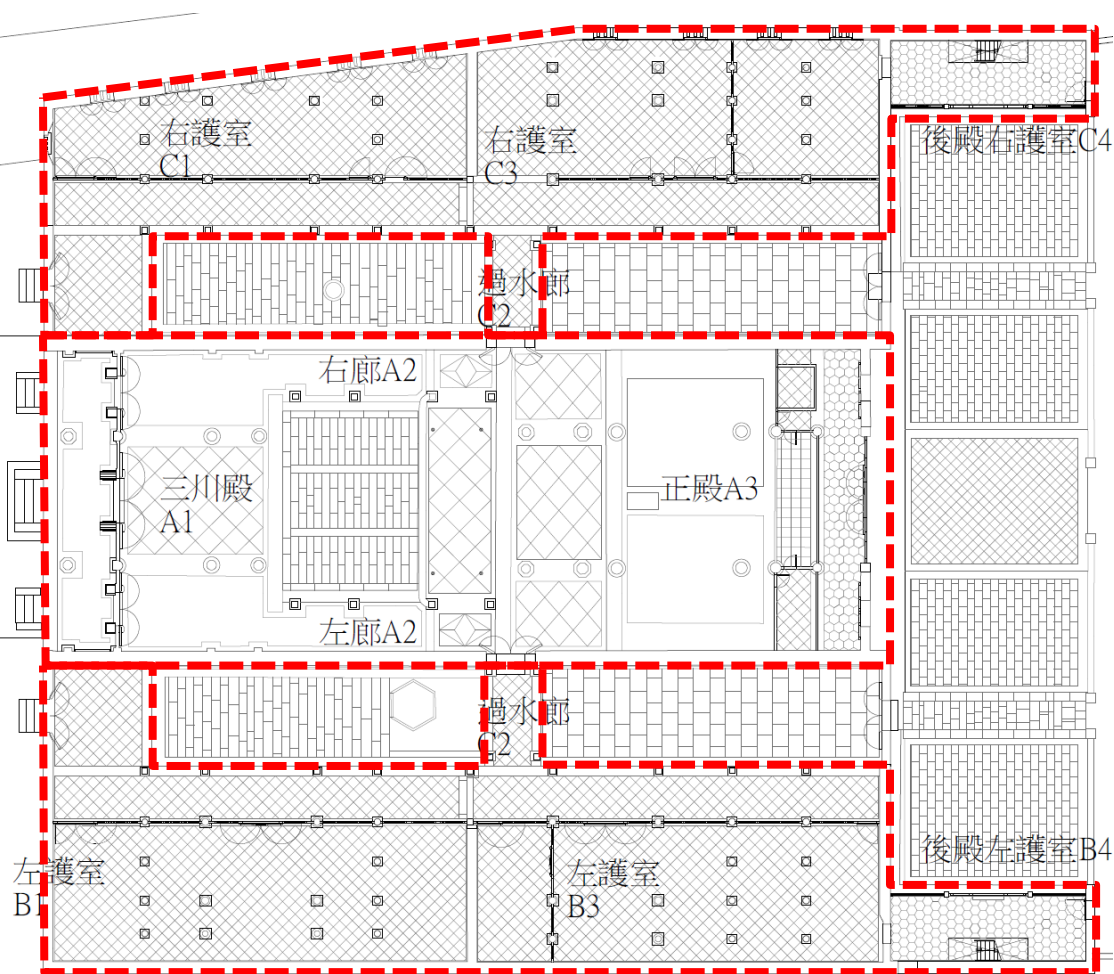


艋舺清水巖西向立面圖



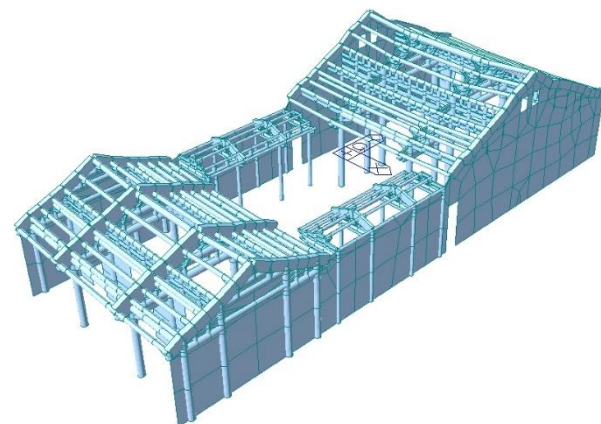
艋舺清水巖三川殿、正殿及左右廊南向立面圖

艋舺清水巖祖師廟



結構可分為三棟

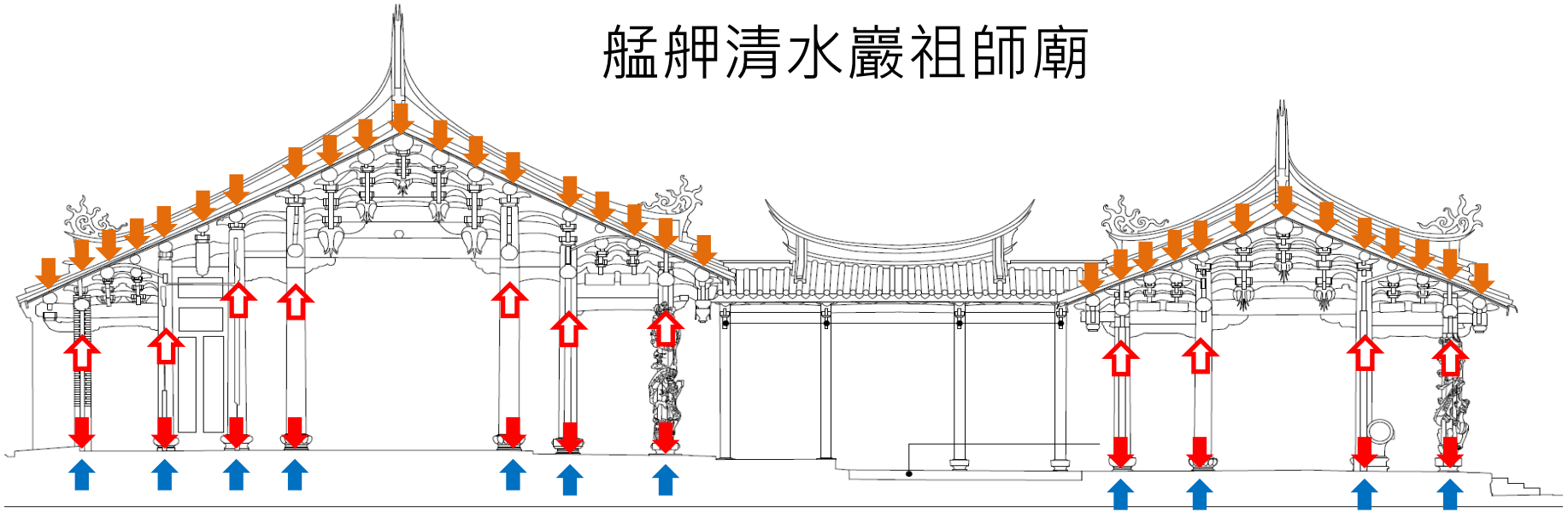
1. 三川殿、正殿、左廊、右廊



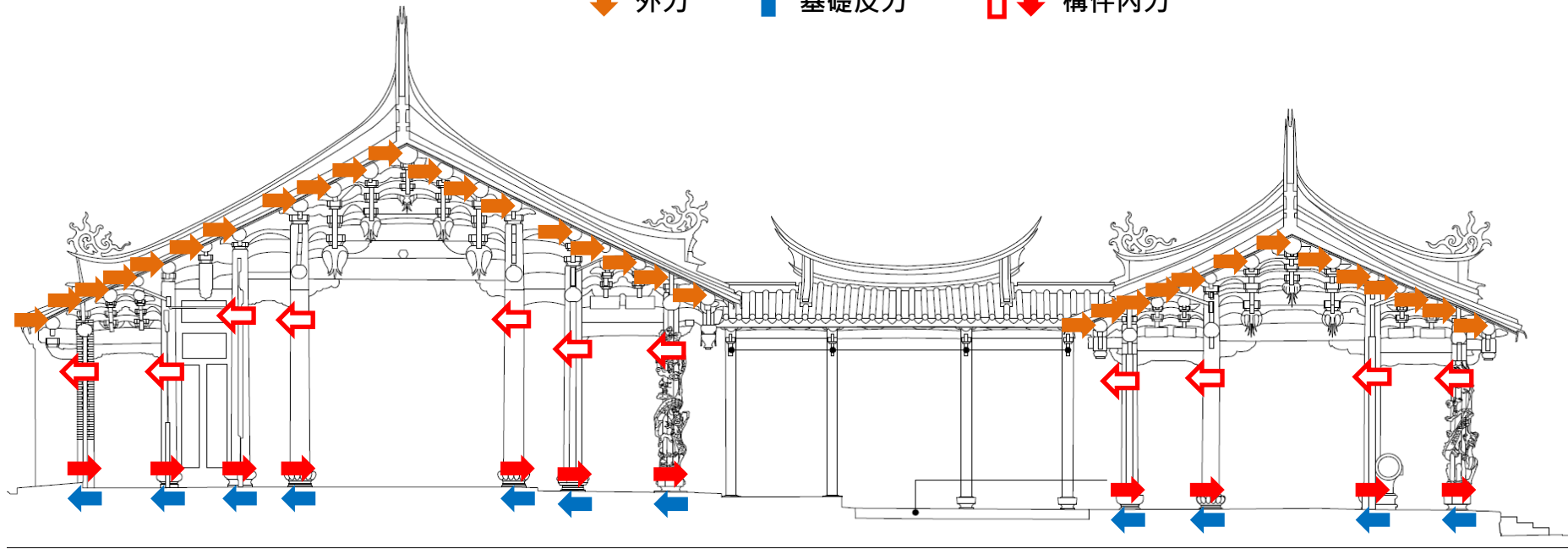
2. 左護室、後殿左護室、左過水廊

3. 右護室、後殿右護室、右過水廊

艋舺清水巖祖師廟



↓ 外力
 ↑ 基礎反力
 ↑↓ 構件內力



→ 外力
 ← 基礎反力
 ↔ 構件內力



大雄寶殿

清淨現世

同治庚午歲春

宋代流芳萬古

清水流

大清

感而遂通天人

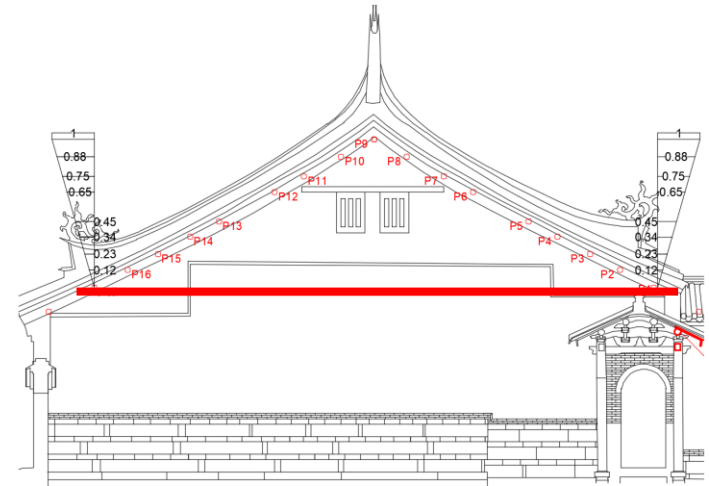
鼠兆





艋舺清水巖結構評估方法

- 磚牆面內方向評估：以極限層剪力係數法評估。
- 磚牆面外方向評估：採降伏線法評估面外壁體安全性。
- 木棟架及屋楹檢核：於Midas Gen建模後得知各構件受力，根據「木構造建築物設計及施工技術規範」檢核壓彎、拉彎及剪力。



艋舺清水巖正殿山牆降伏線

艋舺清水巖三川殿、正殿、左廊、右廊Midas Gen模型









接官亭_石牌坊

//台南市中西區//清乾隆42年（西元1778年）



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二絞拱
三絞拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

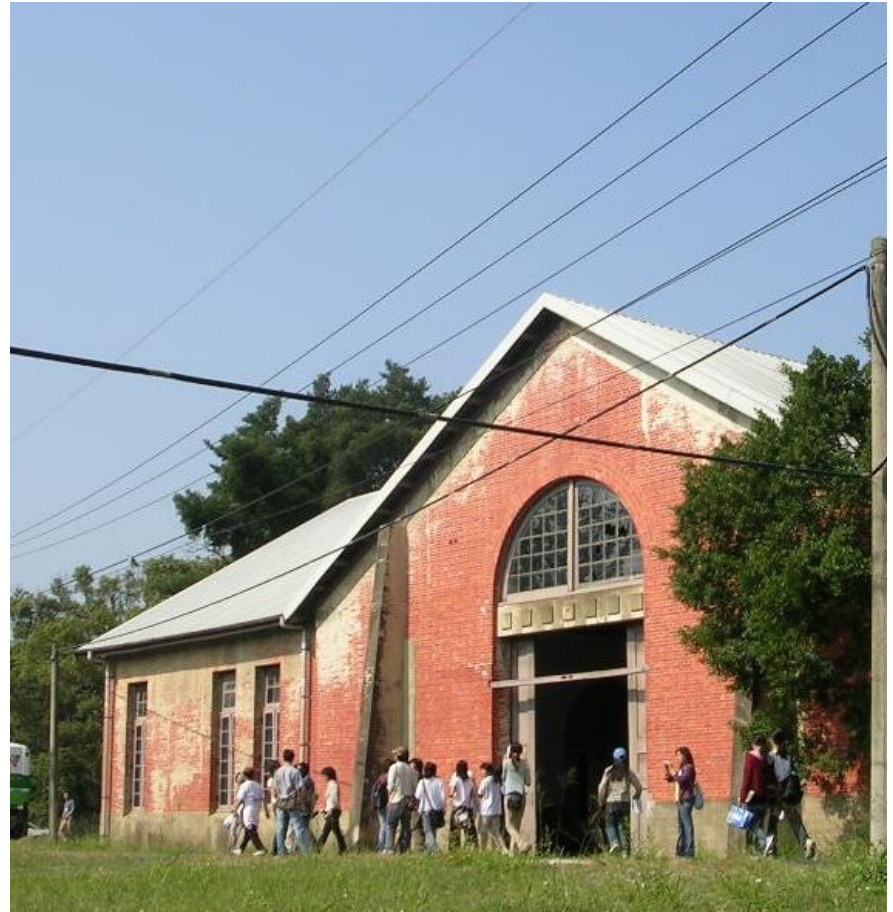
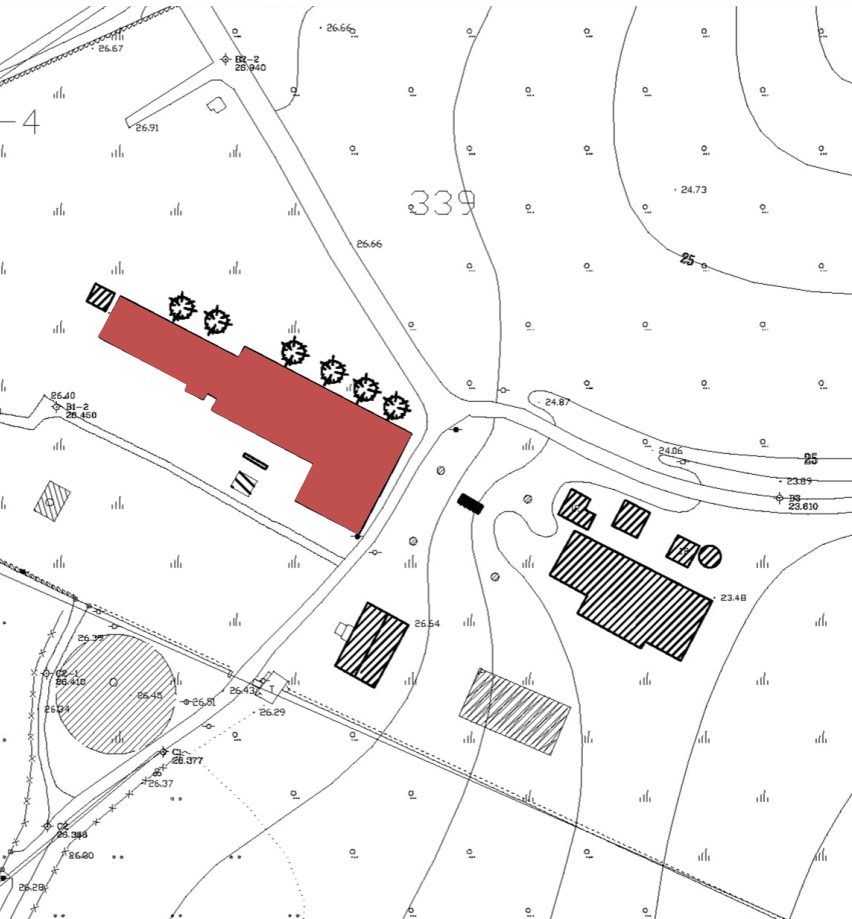
1800s

1900s

2000s

傳統建築

原台南水道 快濾筒室

















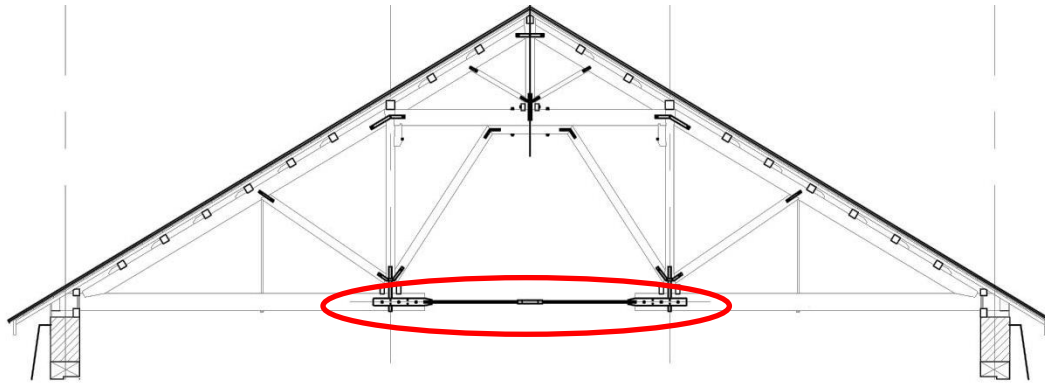




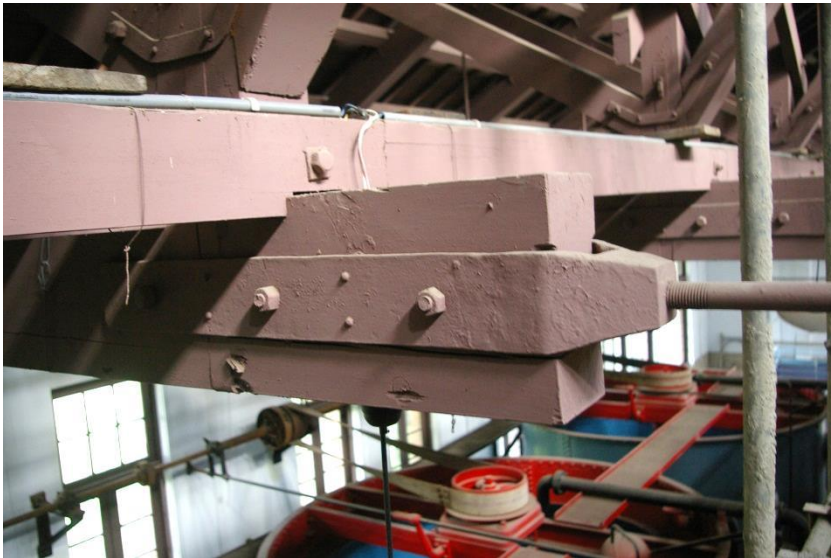




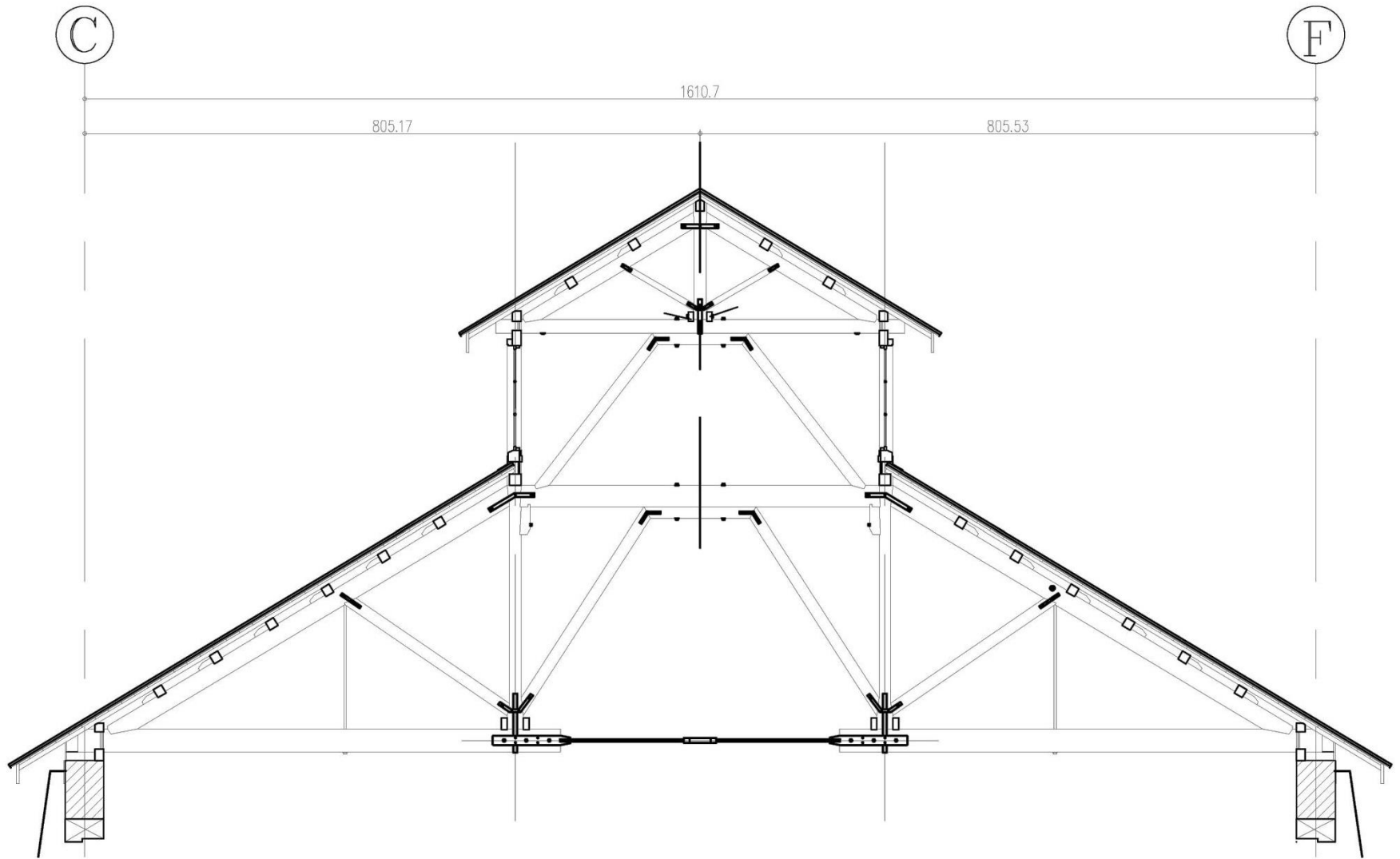




部分陸樑(拉力構件)
以鋼構件取代



緊結器(Turnbuckle)



Queen Post Truss

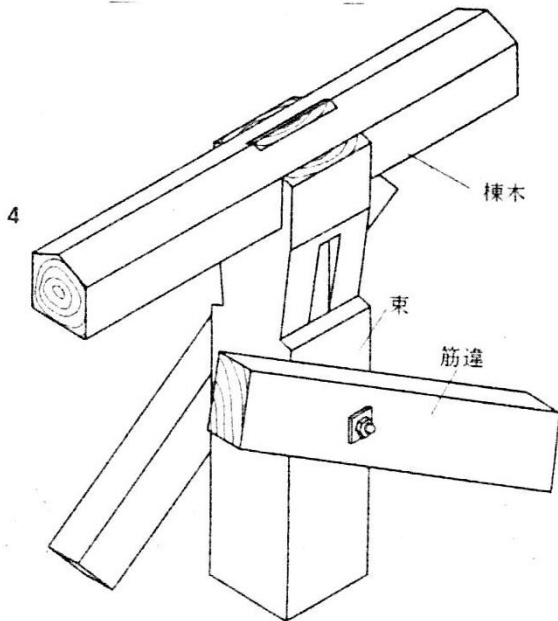


筋違(剪刀撐)



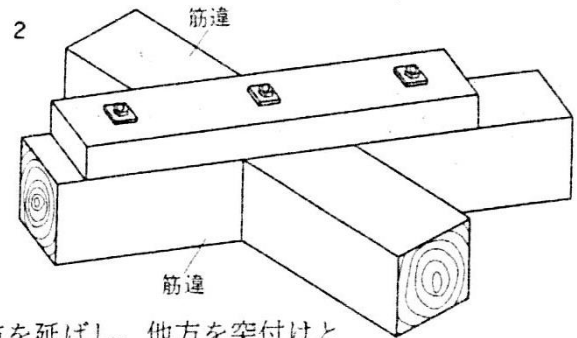
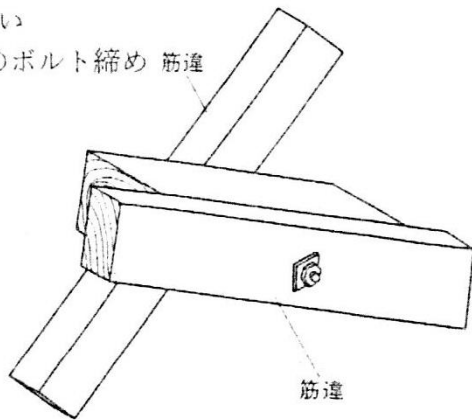
振止



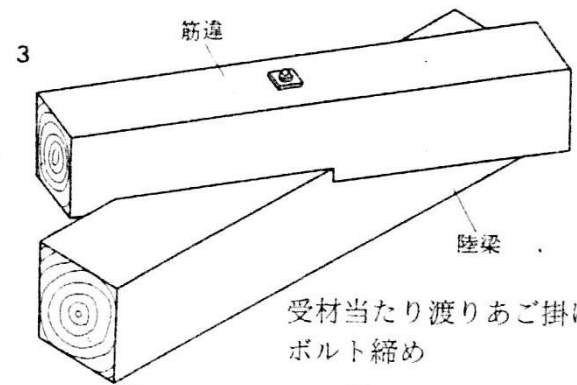


真束または対束へ添え付け
φ 13 mm ボルト締め

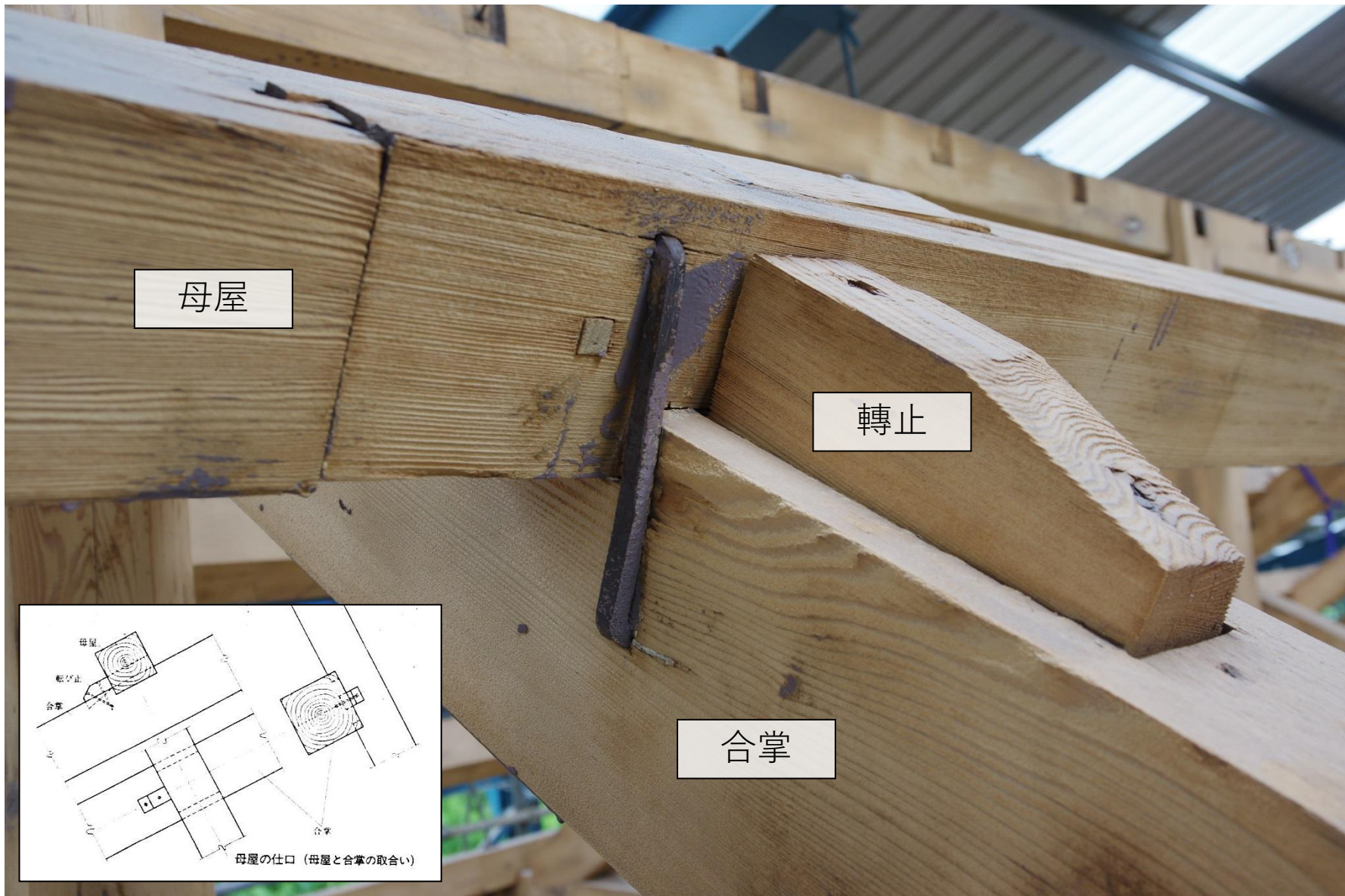
部は飼木飼い
3 mm 以上のボルト締め 筋違



一方を延ばし、他方を突付けと
し上端に添え板当てボルト締め



受材当たり渡りあご掛け
ボルト締め



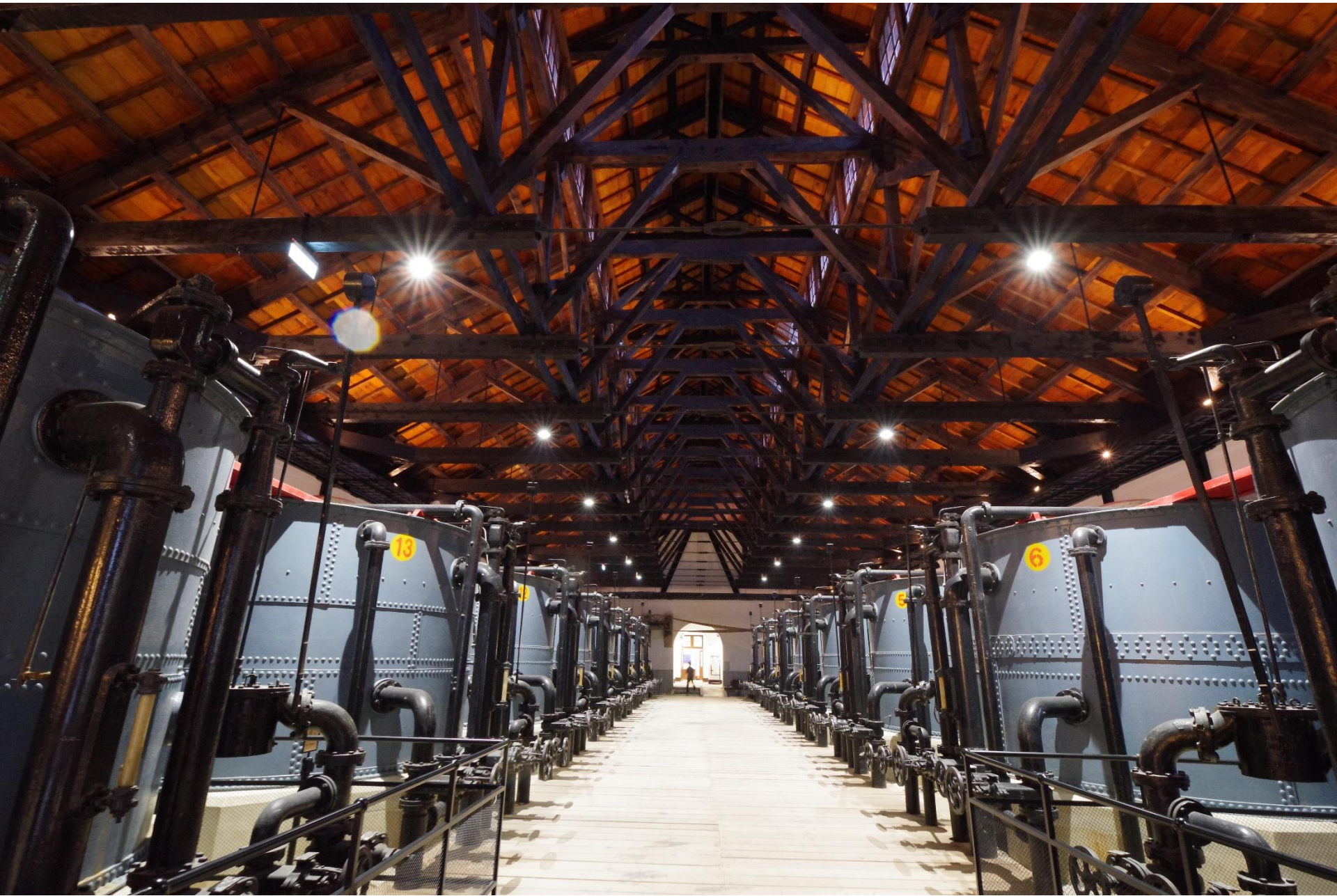
母屋

轉止

合掌

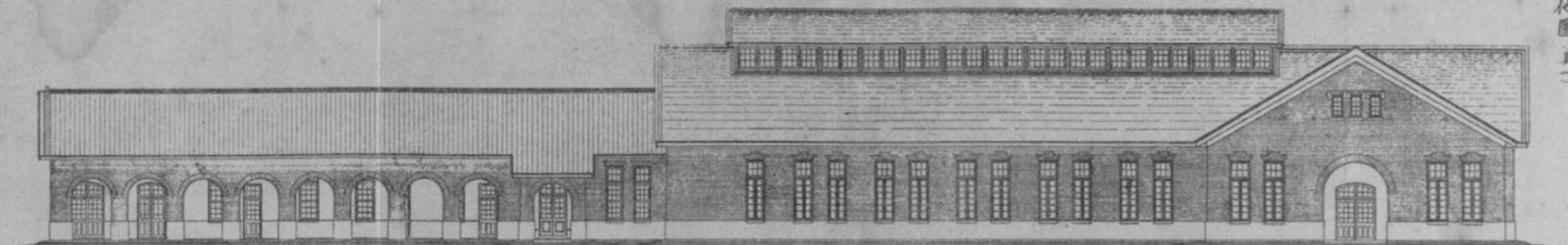
母屋(追掛大栓繼)、反脚螞蝗釘、轉止



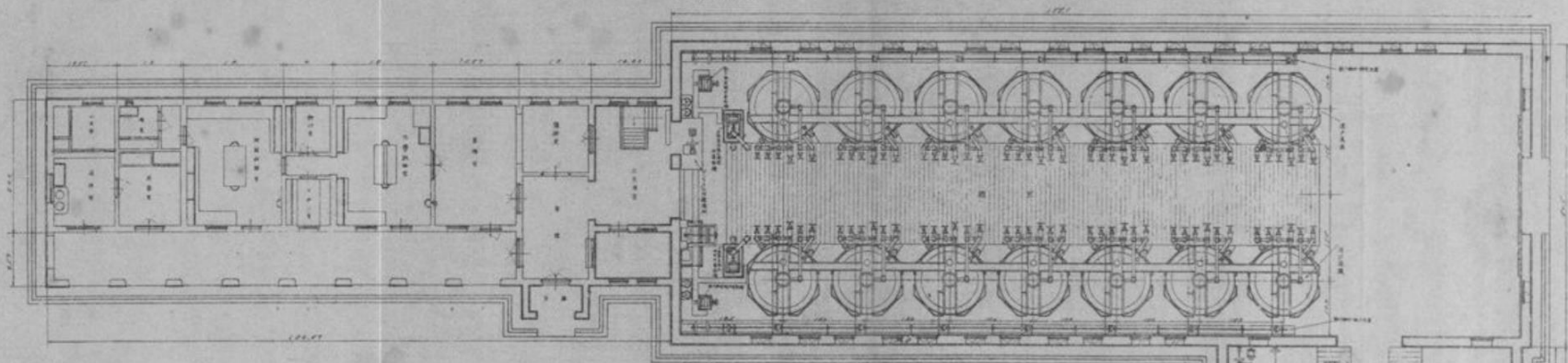




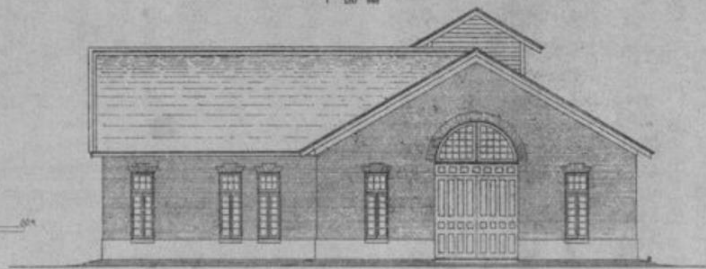
木澤地濾過室等室化學室建圖及平面圖



正面圖



平面圖

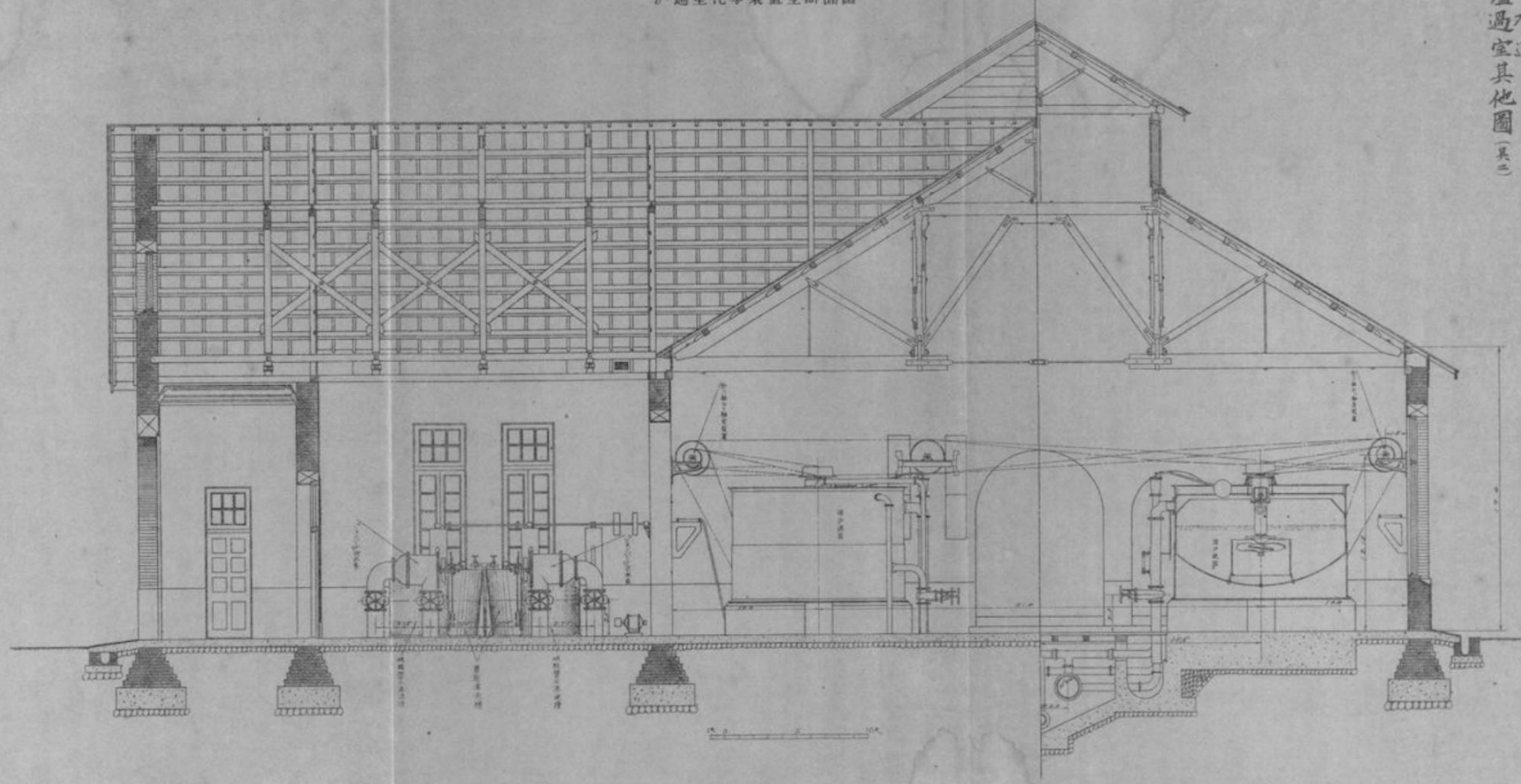


側面圖



臺南水道
濾過室其他圖(其二)

濾過室化學裝置室剖面圖



土木局





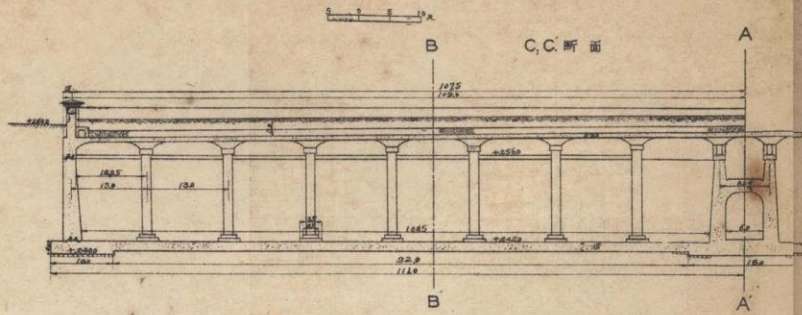




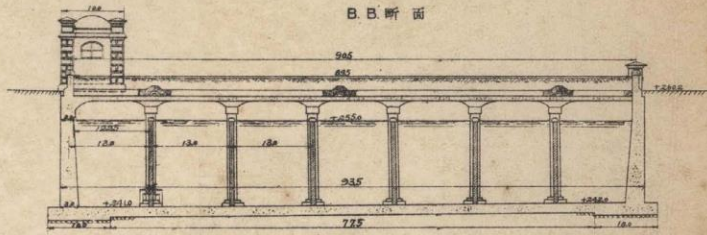




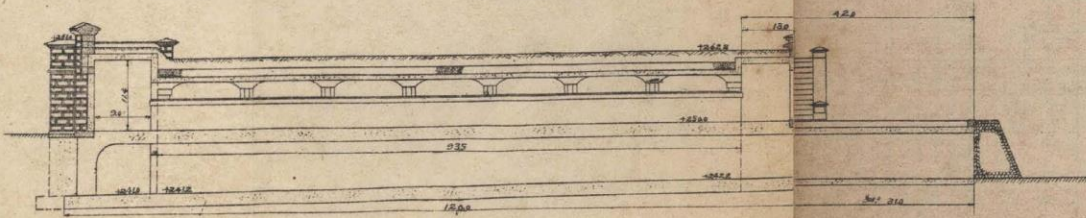
淨水池断面圖



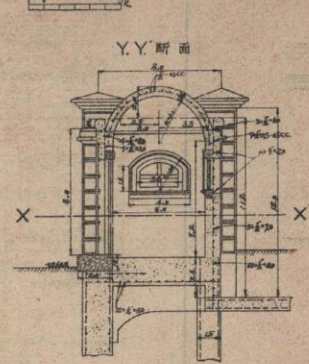
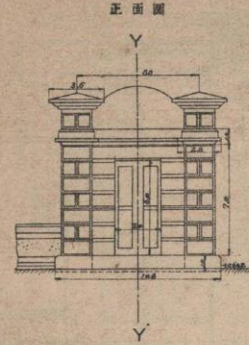
B.B. 断面



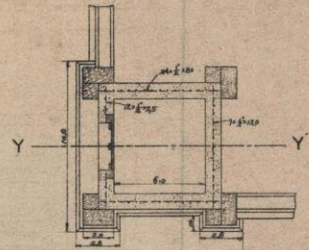
A.A. 断面



レベルエンテーターハウス詳細圖



X.X. 断面



臺南水道
淨水池断面其他詳細圖

土木部

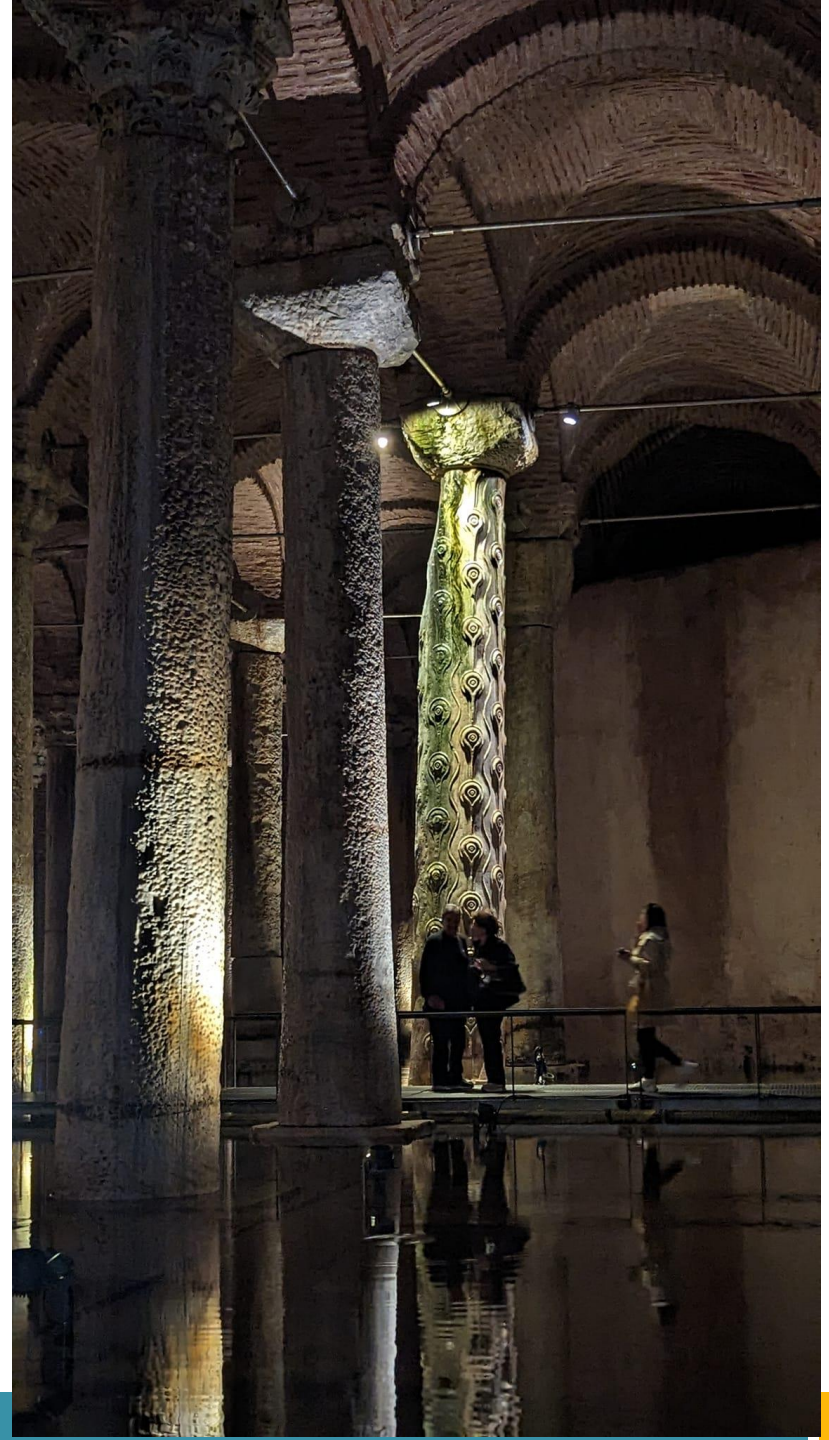


<https://themindcircle.com/byzantine-architecture/>

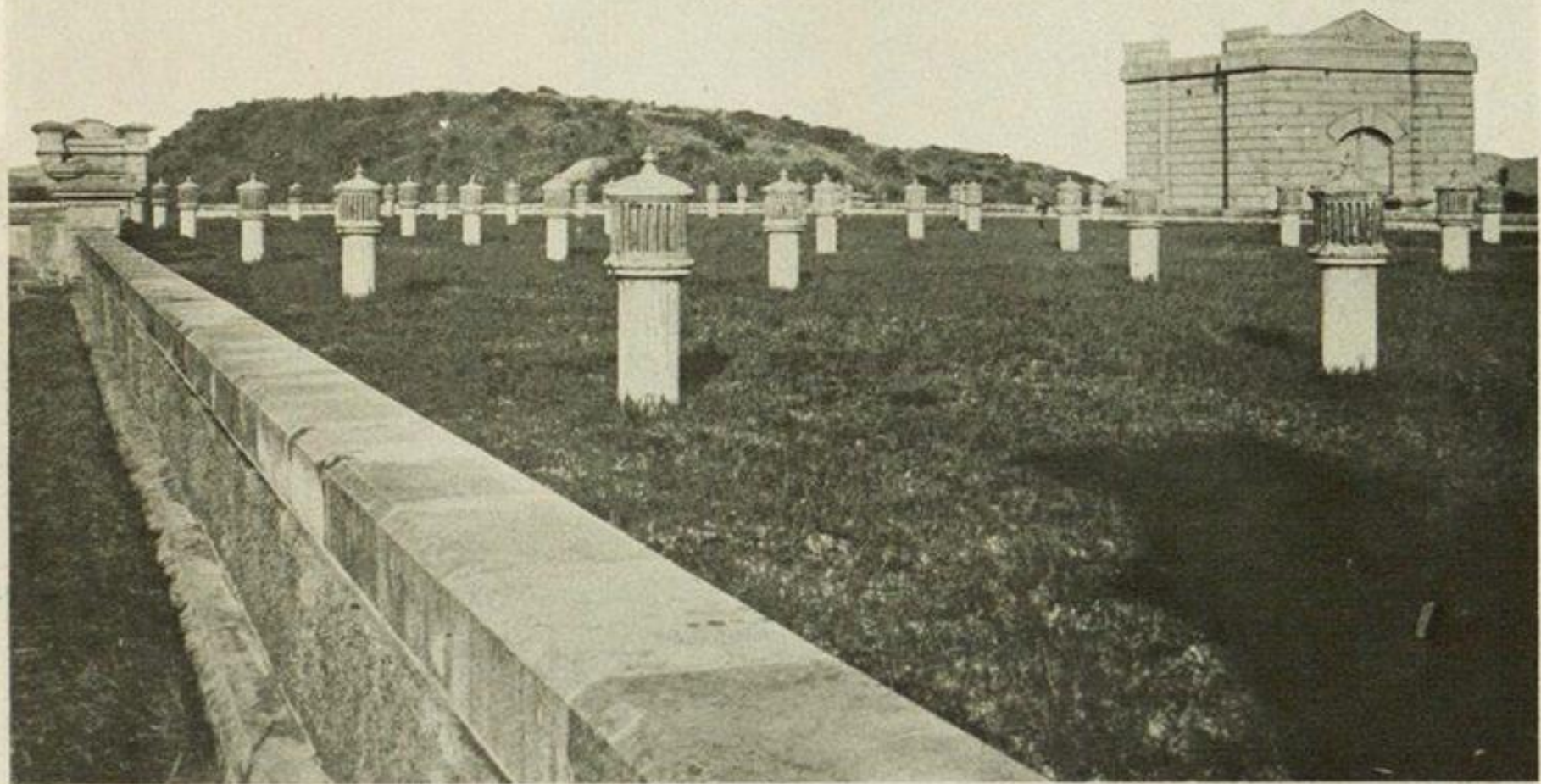
2022



1930



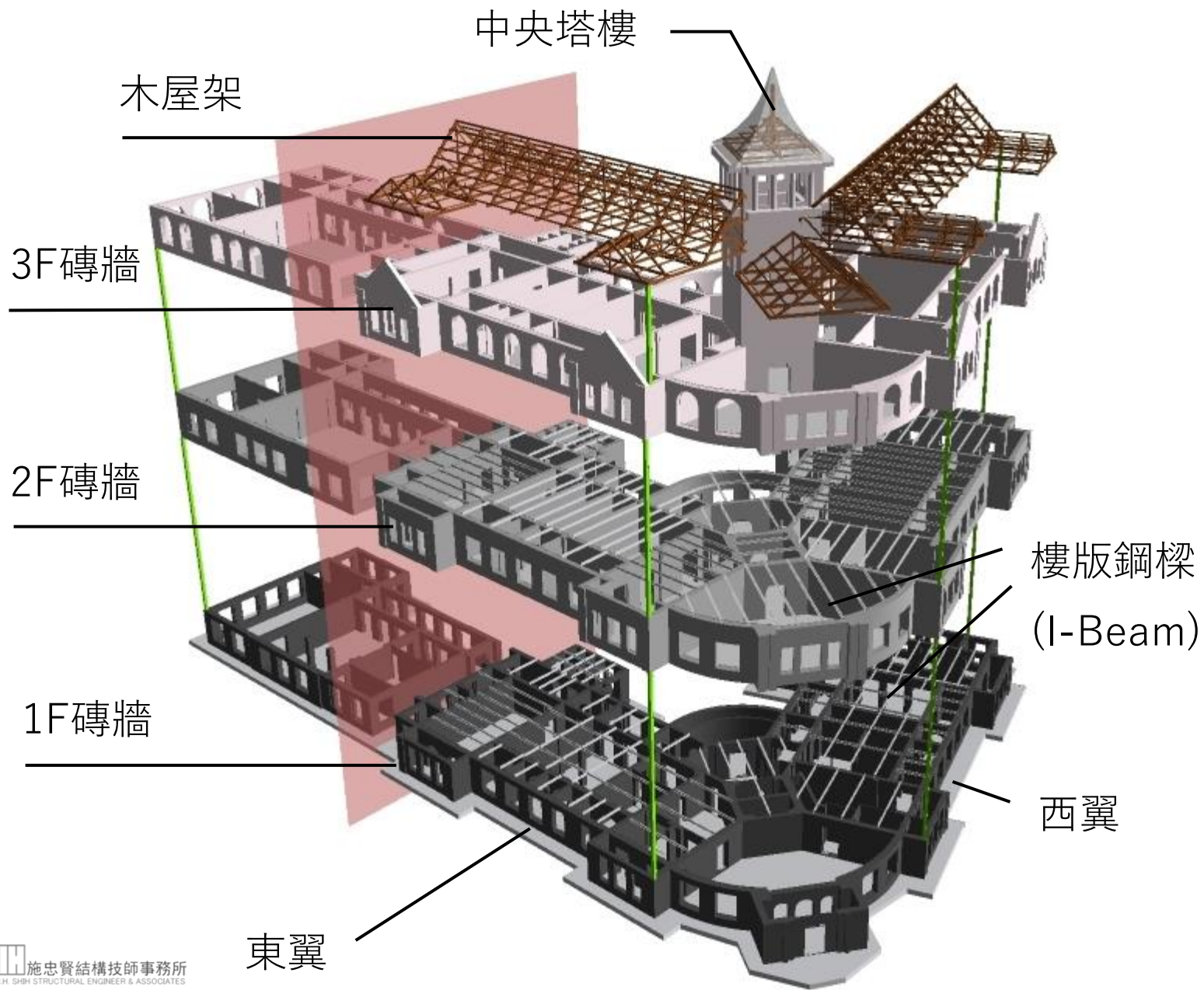




淨水池 (臺南水道)

原台灣總督府專賣局//1913









下弦材(拉力桿件)以鋼棒取代



明治四十五年七月十五日起工
上棟式
 大正貳年四月二十八日上棟

土木局長 高橋辰次郎
 監督技師 森山松之助
 設計製圖 八板志賀助
 總督府技手

現場監督者 池田秀吉
 專賣局技手 梅澤松太郎
 總督府雇 岩田久三郎
 專賣局雇

工事受負人 澤井市良
 右代人 神戶駒一
 右現場主任 田村乙松
 棟梁 鈴木称太郎

明治45年
 (1912年)
 7月30日、
 明治天皇
 駕崩、大
 正改元

原台南州廳

//日大正5年(西元1916年)



斗拱

懸臂梁

簡支樑

承重牆

桁架
(Truss)

拱
(Arch)
穹窿
(Vault)

圓頂
(Dome)

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

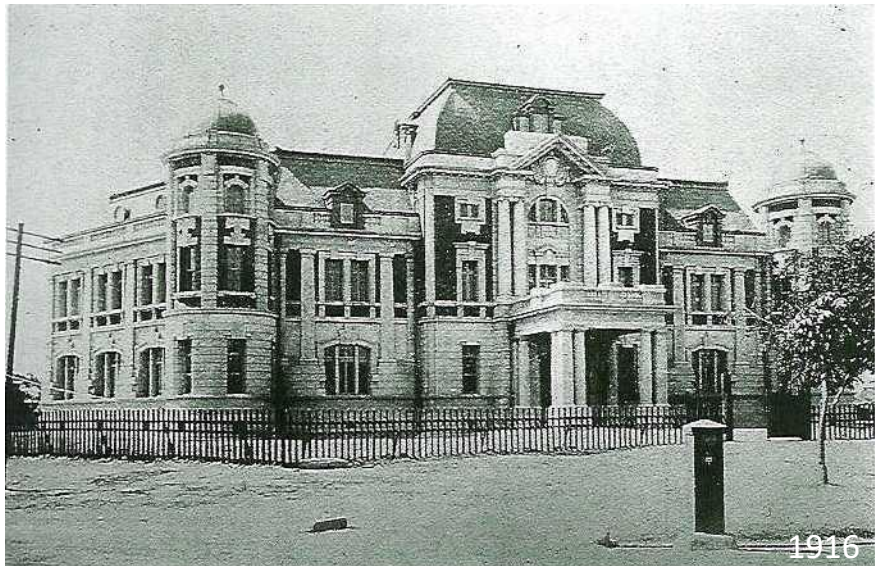
1900s

2000s

西式建築

原台南州廳

//台南市中西區 //日大正5年(西元1916年)



1916



1945



1997



2003

斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

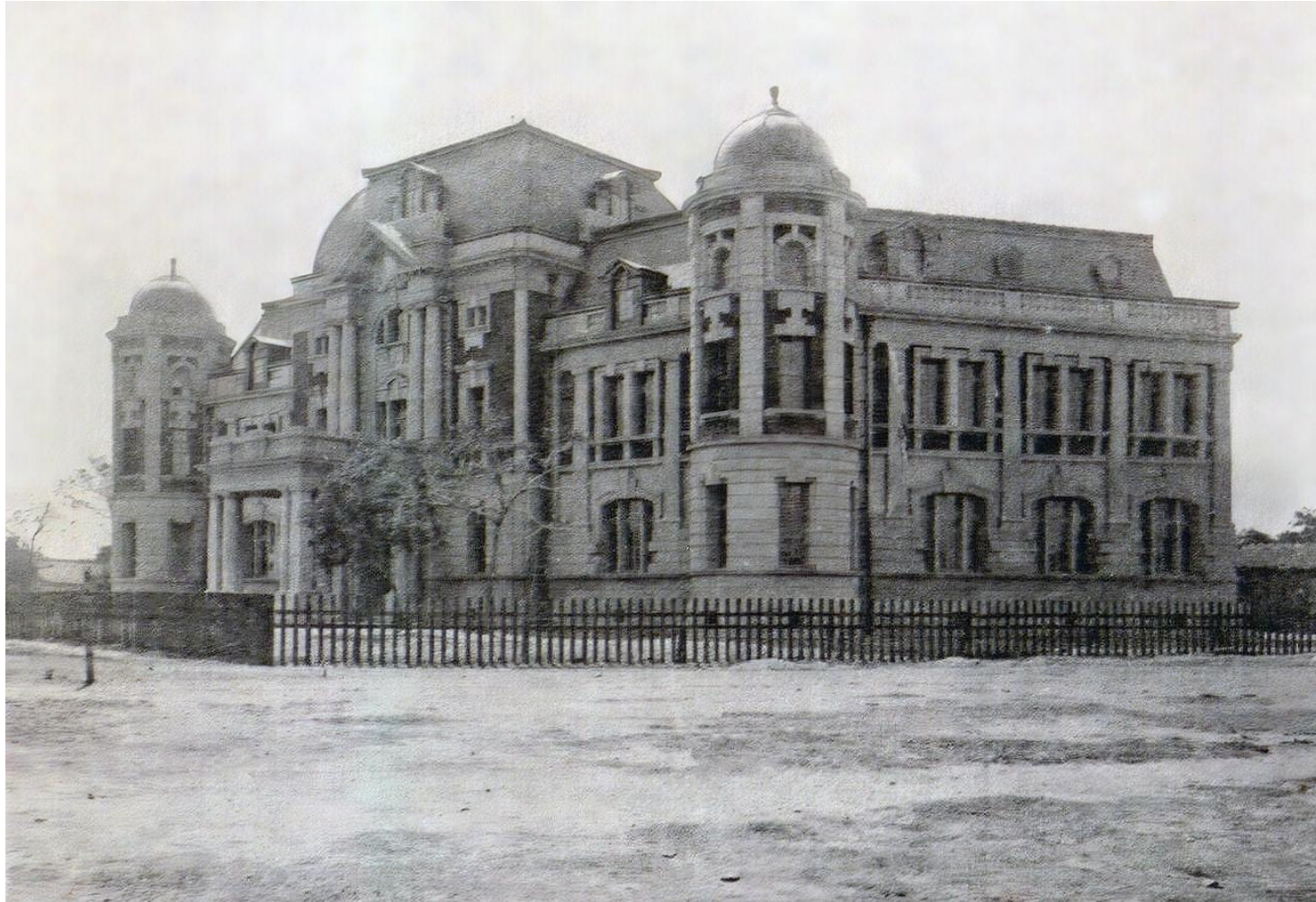
1600s

1700s

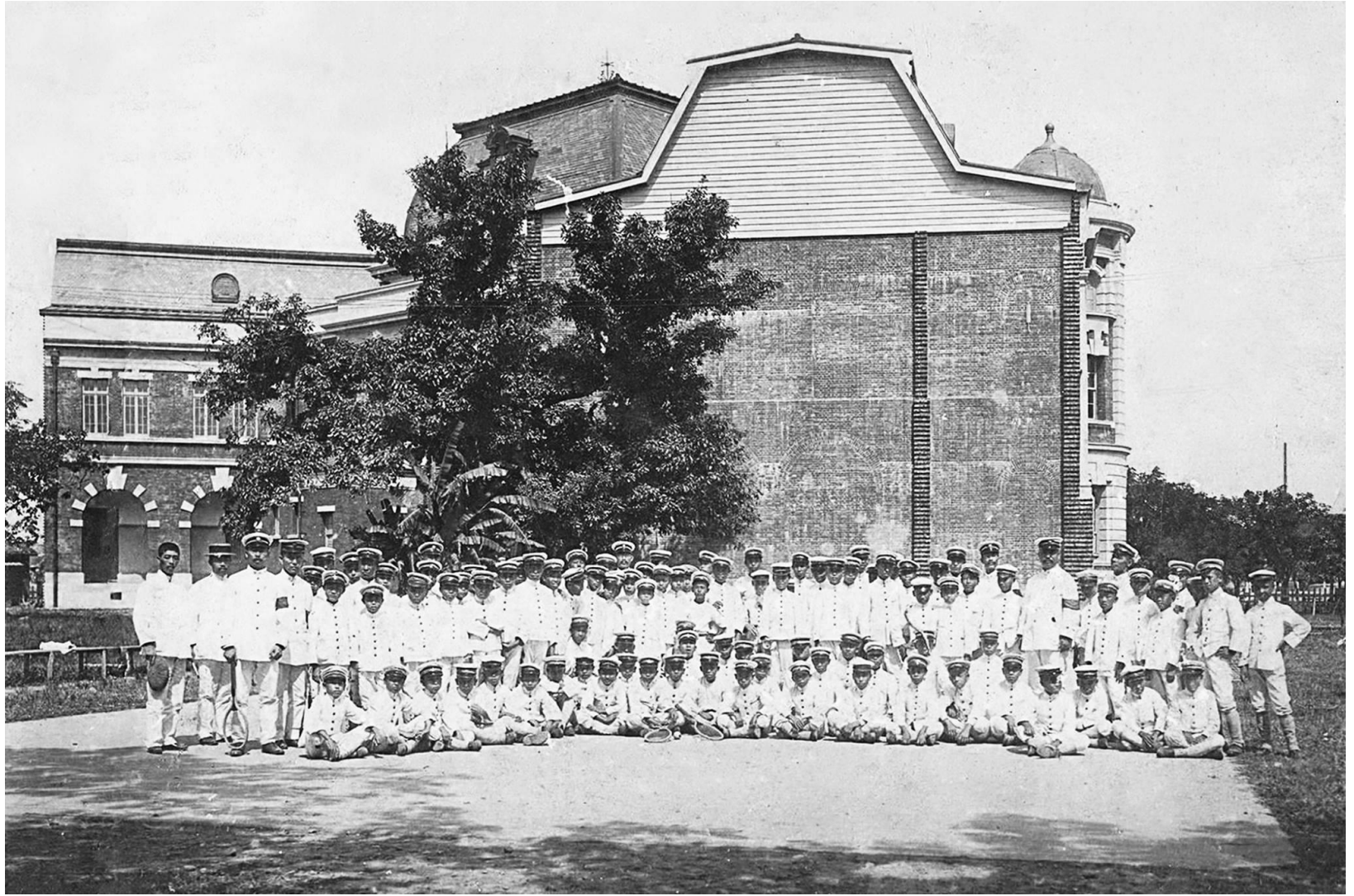
1800s

1900s

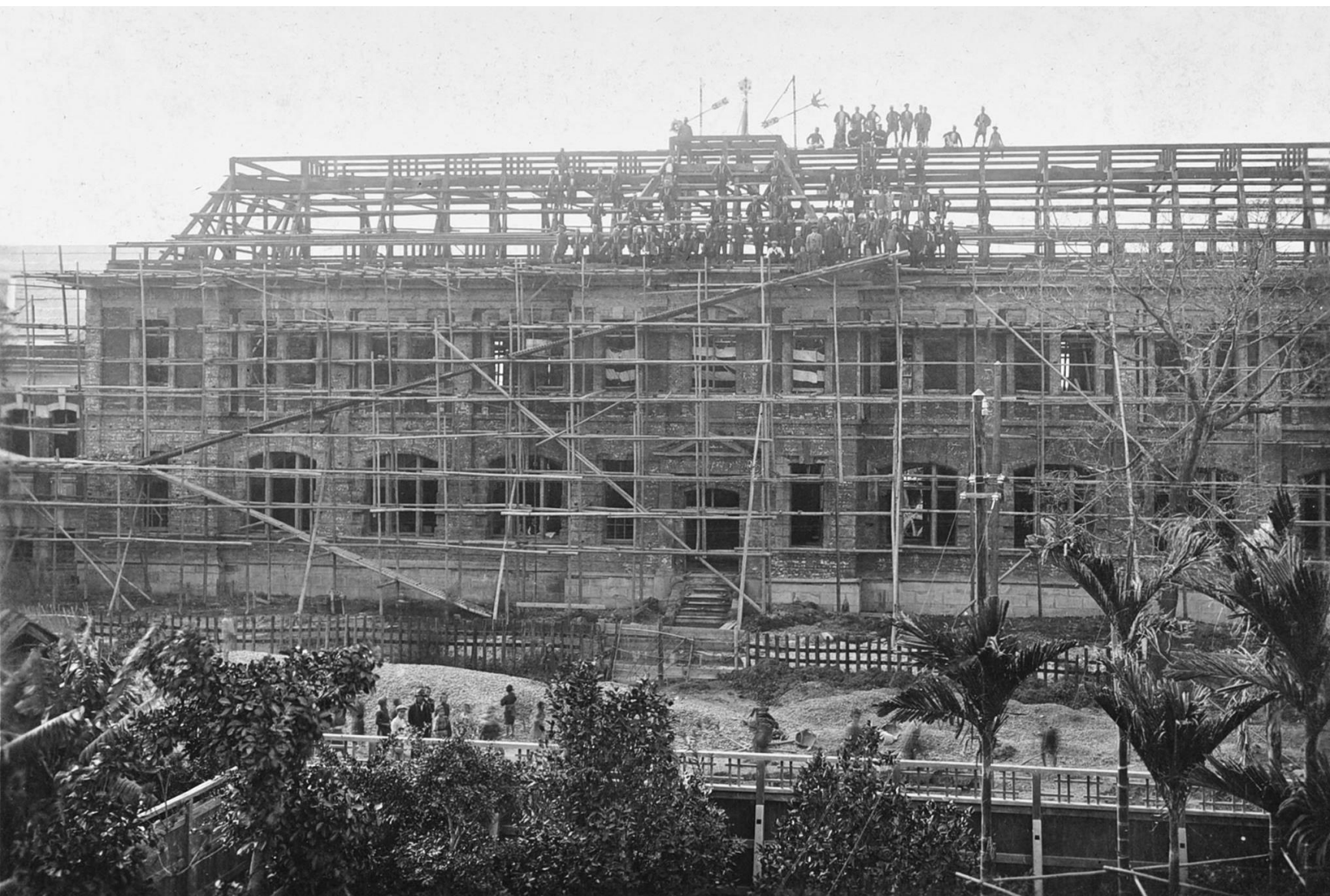
2000s



資料來源：王子碩提供



原台南州廳



斗拱

懸臂梁

簡支樑

承重牆

桁架
(Truss)

拱
(Arch)
穹窿
(Vault)

圓頂
(Dome)

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

西式建築



No. 889,312.

PATENTED JUNE 2, 1908.

J. KAHN.
EXPANDED METAL.
APPLICATION FILED DEC. 15, 1906. RENEWED FEB. 17, 1908.

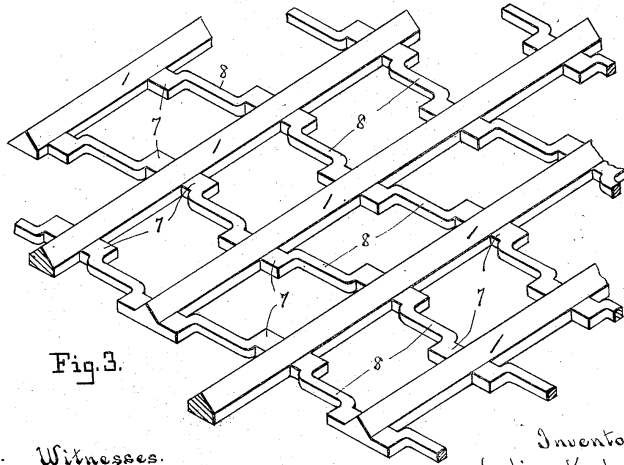
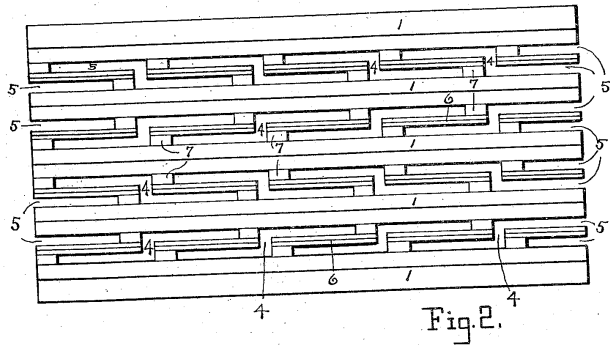
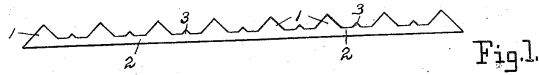


Fig. 3.

Witnesses.
A. M. Brown
E. M. Brown

Inventor.
Jubius Kahn
by *Edward H. Pagelsen*
attorney

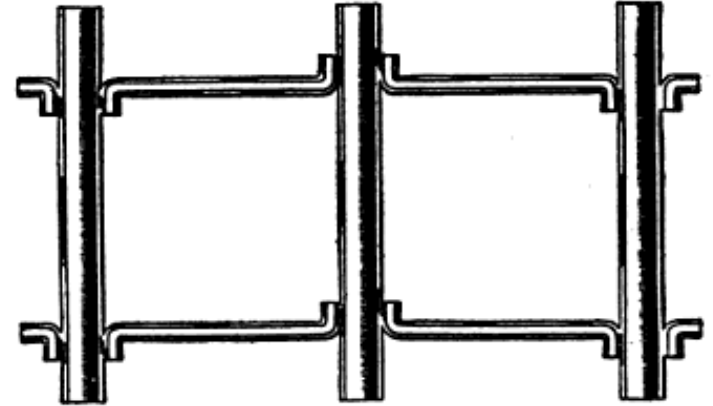
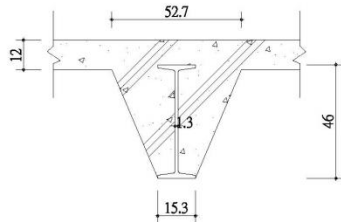


Figure III. 13. Kahn expanded metal: a sheared expanded rolled profile with the main bars normal to the secondary steel (unlike expanded metal, cf. Figure III. 7)

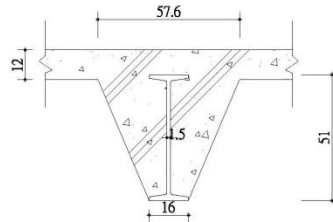
康式擴張網 / 魚骨擴張網 / 箭矢擴張網
No. 889,312. PATENTEE JUNE 2, 1908 J. KAHN.
EXPANDED METAL.



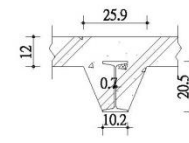
台南州廳 鋼骨混凝土



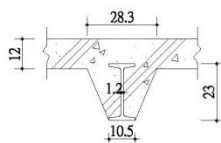
斷面A



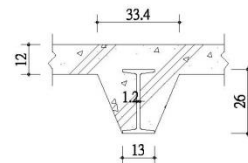
斷面B



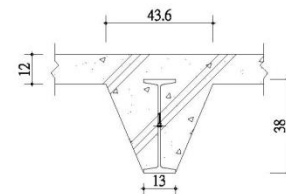
斷面C



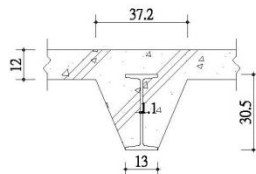
斷面D



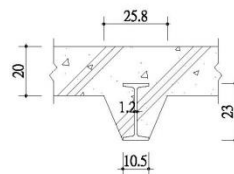
斷面E



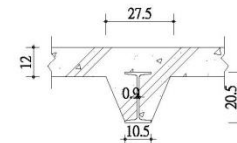
斷面F



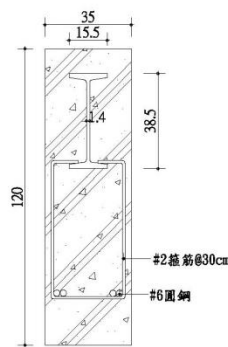
斷面G



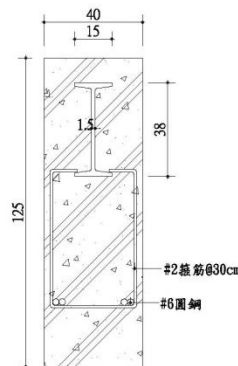
斷面H



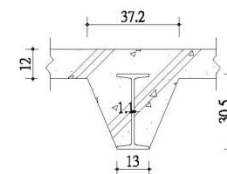
斷面I



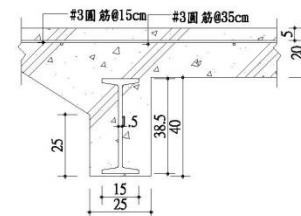
斷面K



斷面L



斷面J



斷面M

以上皆採碎紅磚為骨材



馬薩頂結構



//原台南州廳



斗拱

懸臂梁

簡支樑

承重牆

桁架
(Truss)

拱
(Arch)
穹隆
(Vault)

圓頂
(Dome)

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

西式建築



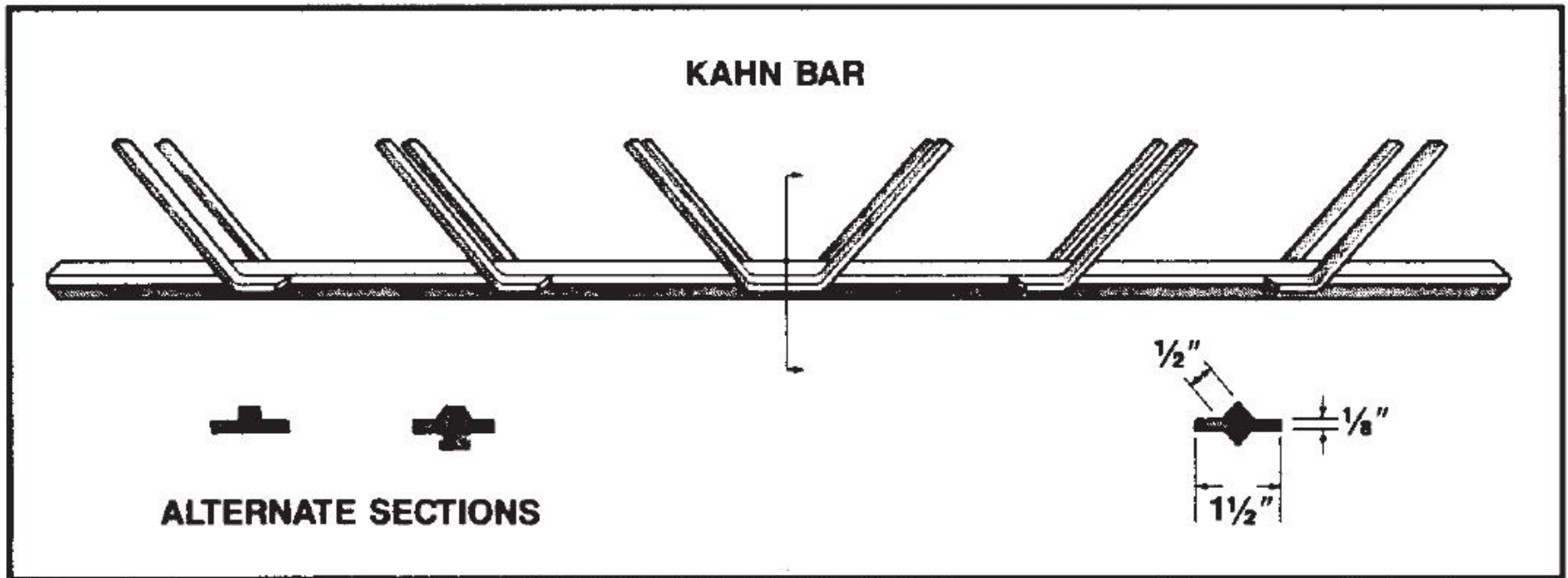




Kahn Bar



The Kahn reinforcing bar



This is the smallest version of the original Kahn bar. The 6-inch-long, bent-up sections were placed opposite one another along the span of the bar. Standard bars with cross sections ranging up to $2\frac{3}{16}$ inches wide and bent-up sections up to 36 inches long were also available. Bars with bent-up sections longer than 6 inches were arranged alternately along the span of the bar. The two alternate cross sections were developed later as the Kahn bar became more widely used.

No. 751,921.

PATENTED FEB. 9, 1904.

J. KAHN.
COMPOSITE BUILDING CONSTRUCTION.

APPLICATION FILED AUG. 14, 1903.

NO MODEL.

2 SHEETS—SHEET 1.

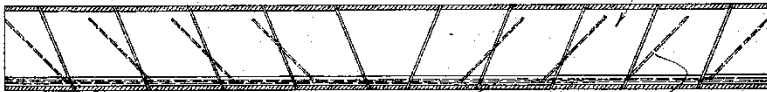


Fig. 1

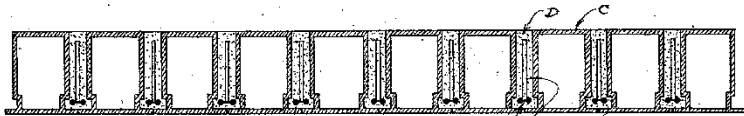


Fig. 2

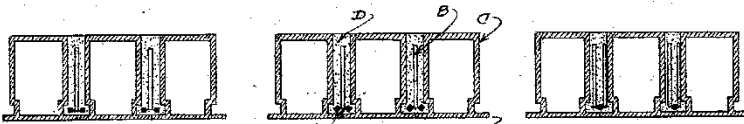


Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

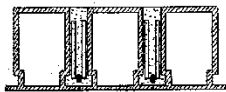


Fig. 6

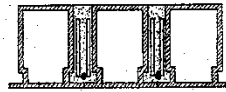


Fig. 7

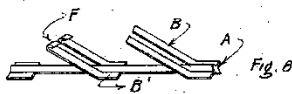


Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10

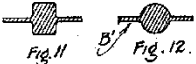


Fig. 11

Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14



Fig. 15

WITNESSES.

Morris Kahn
Clayton Bennett

INVENTOR.

Julius Kahn
By David M. Harper
Attorney



PATENTED FEB. 9, 1904.

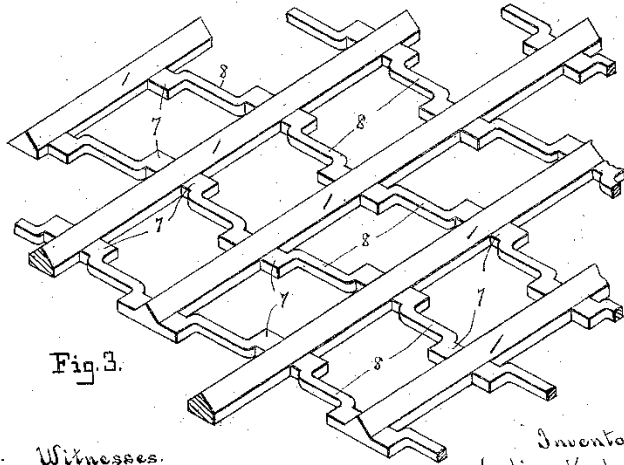
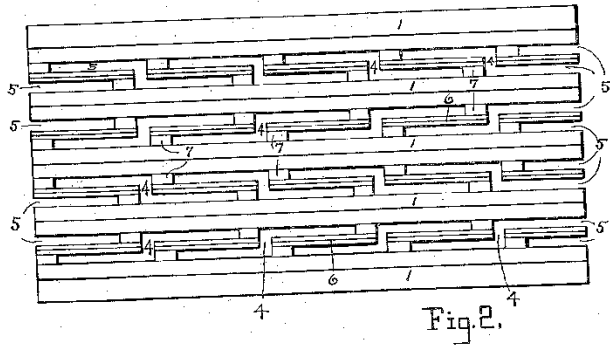
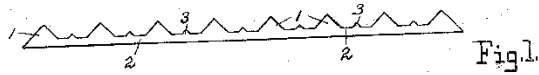
J. KAHN. COMPOSITE BUILDING CONSTRUCTION
APPLICATION FILED AUG. 14, 1903.



No. 889,312.

PATENTED JUNE 2, 1908.

J. KAHN.
EXPANDED METAL.
APPLICATION FILED DEC. 15, 1906. RENEWED FEB. 17, 1908.



Witnesses.
[Signature]
E. M. Brown.

Inventor.
Julius Kahn
by Edward H. Paulesen
attorney

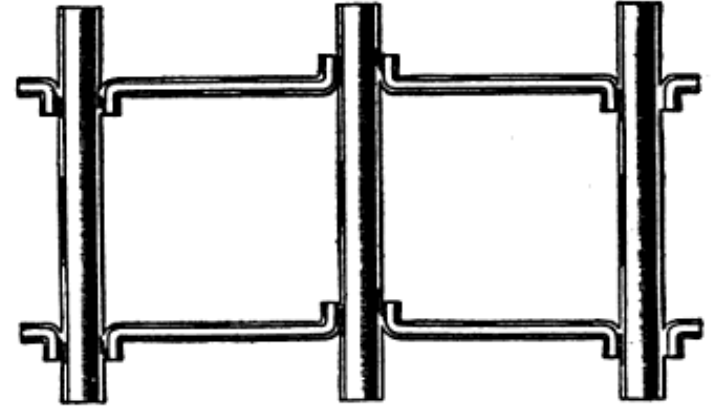


Figure III. 13. Kahn expanded metal: a sheared expanded rolled profile with the main bars normal to the secondary steel (unlike expanded metal, cf. Figure III. 7)

康式擴張網 / 魚骨擴張網 / 箭矢擴張網
No. 889,312. PATENTEE JUNE 2, 1908 J. KAHN.
EXPANDED METAL.

魚骨擴張網樓版筋與金屬摺壁(Metal Lathing、Metal Laths)





金屬摺壁(Metal Lathing、Metal Laths)



金屬摺壁(Metal Lathing、Metal Laths)



金屬摺壁(Metal Lathing、Metal Laths)



明治三十八年
七月十八日



下淡水溪鐵橋1914年啟用



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

1900s

2000s

下淡水溪鐵橋 / 1914年啟用



斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼

7,000 BP

1600s

1700s

1800s

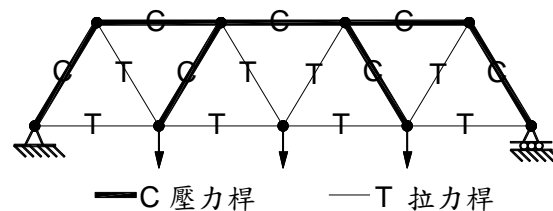
1900s

2000s

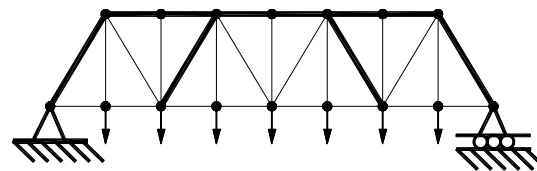
華倫式桁架 結構近代

華倫式桁架(Warren Truss) 特色為其腹桿(web members)均為斜桿，構成一系列之等腰三角形，有時為了減小受壓之上弦桿的長度，也會設置垂直桿[圖1b]並將上弦桿由兩端向中央抬昇以提高承載力[圖1c]。華倫式桁架受力行為與一般之桁架類似，在僅承受向下之垂直載重時，其上弦桿及由上向外斜之斜腹桿(呈中央對稱之八字形)為受壓桿件，下弦桿及由下向外斜之斜腹桿(呈中央對稱之V字形)則為受拉桿件，上下弦桿件分別受壓及受拉形成力偶抵抗彎矩，斜腹桿則抵抗剪力。

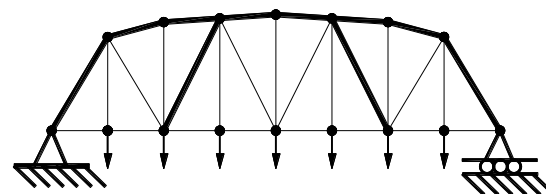
華倫式桁架常應用於屋架或橋樑等大跨距場所，如屏東下淡水溪鐵橋[照片]、西螺大橋等均為華倫式桁架，虎尾糖廠鐵橋則為**雙重華倫式桁架**。〔撰〕施忠賢/張嘉祥



(a) 無垂直桿之華倫式桁架



(b) 具垂直桿之華倫式桁架



(c) 具垂直桿之華倫式桁架
(上弦桿中央抬升)

斗拱
(懸臂樑)

簡支樑
承重牆

桁架

桁架拱
二鉸拱
三鉸拱
組合拱

拱
Arch
Vault
Dome

格子樑
+薄板

薄殼



國家鐵道博物館籌備處

PREPARATORY OFFICE OF NATIONAL RAILWAY MUSEUM



園區入口

東露天吊車台

西露天吊車台

棚架

吊線柱

東興路

市民大道五段

基隆路一段102巷

11M 11M

1. 西露天吊車台 (長約136.5公尺，寬約26公尺，高約8公尺)；
2. 東露天吊車台 (長約140.5公尺，寬約26公尺，高約8公尺)；
3. 東露天吊車台上方鋼棚架 (長約34公尺，寬約24公尺，高約14公尺)；
4. 六座移車台架線柱 (柱斷面長約0.65公尺，寬約0.11公尺，高約7公尺，並自柱邊延伸電線懸臂架約3.5公尺)

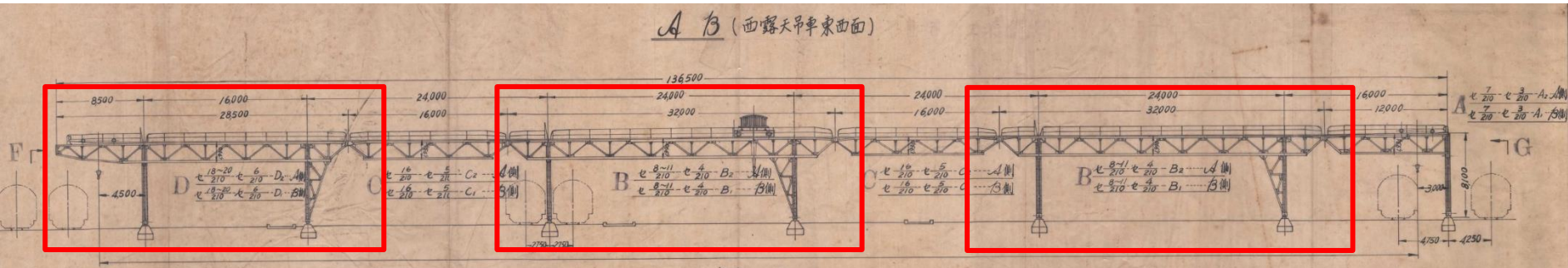
松山文創園區

臺北機廠全區配置圖

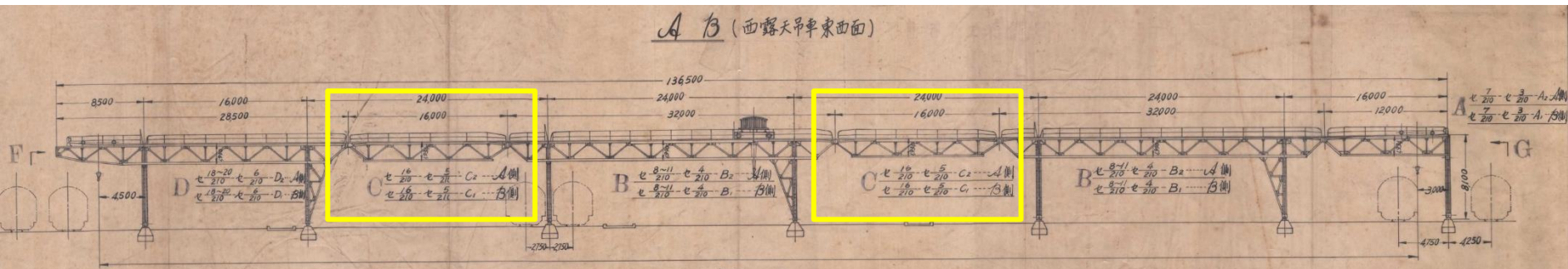


吊車台結構系統簡述

(以西露天吊車台之東、西立面) 為例

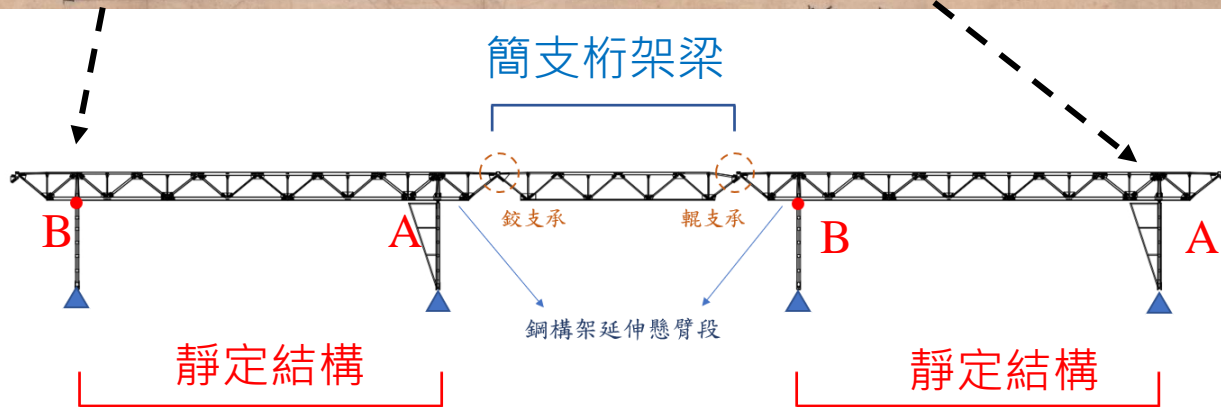
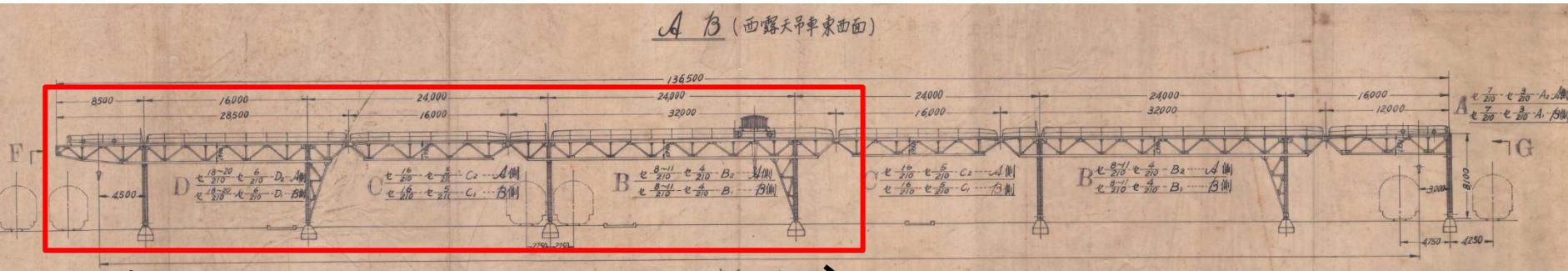


三組靜定結構



二組簡支桁架梁

吊車台結構系統簡述



靜定結構

鋼構架(三鉸拱)

靜定結構

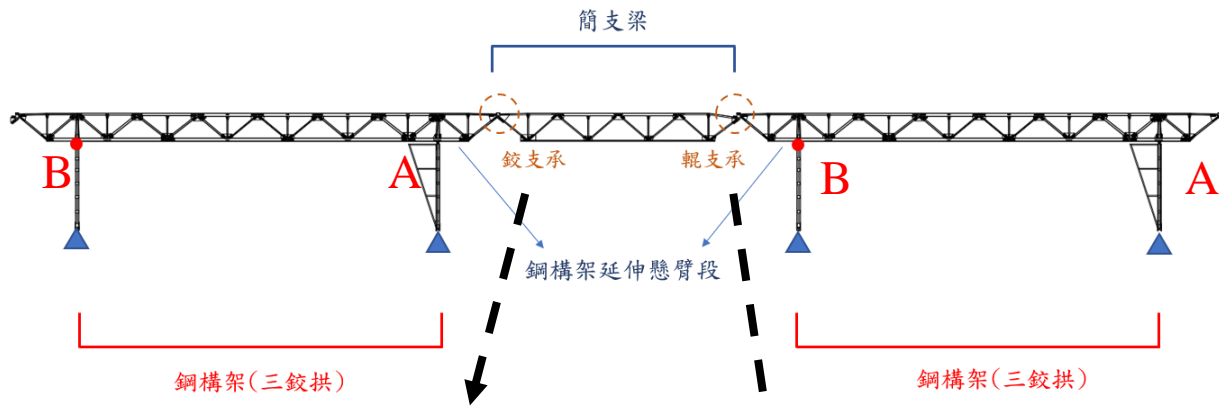
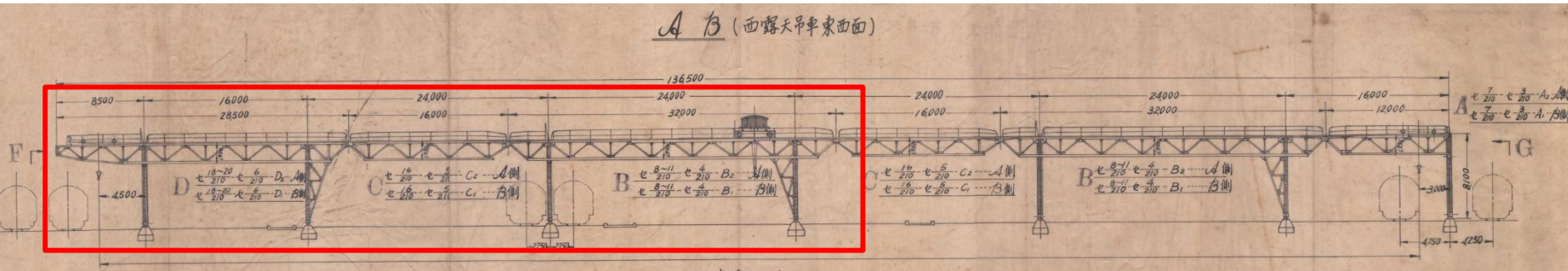
鋼構架(三鉸拱)

▲ 基礎鉸支承

● 端部鉸支承



吊車台結構系統簡述



- ▲ 基礎鉸支承
- 端部鉸支承



「生命的結局在我們還未察覺之前來臨了。」

- Le Corbusier¹¹⁵